



KARINA BARROSO SILVA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E
BIOLÓGICAS DE SOLOS SOB *Sesbania virgata*
(Cav.) Pers**

LAVRAS – MG

2013

KARINA BARROSO SILVA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E BIOLÓGICAS DE SOLOS
SOB *Sesbania virgata* (Cav.) Pers**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Biologia, Microbiologia e Processos Biológicos do Solo, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira

Coorientadores

Dra. Ligiane Aparecida Florentino

Dr. Nilton Curi

LAVRAS -MG

2013

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Silva, Karina Barroso.

Características químicas, físicas e biológicas de solos sob
Sesbania virgata (Cav.) Pers / Karina Barroso Silva. – Lavras :
UFLA, 2013.

124 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Fatima Maria de Souza Moreira.

Bibliografia.

1. Fertilidade do solo. 2. Leguminosa arbórea. 3. Bactérias
fixadoras de nitrogênio atmosférico. 4. Fungos micorrízicos
arbusculares. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.4

KARINA BARROSO SILVA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E BIOLÓGICAS DE SOLOS
SOB *Sesbania virgata* (Cav.) Pers**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Biologia, Microbiologia e Processos Biológicos do Solo, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 18 de Fevereiro de 2013.

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira	UFLA
Dra. Ligiane Aparecida Florentino	UFLA
Dr. Francisco Adriano de Souza	Embrapa Milho e Sorgo
Dr. Evaristo Mauro de Castro	UFLA

Dra. Fatima M. S. Moreira
Orientadora

LAVRAS-MG

2013

*Aos meus amados pais, **Aloísio Amauri da Silva e Maria de Fátima Pereira Silva** por todo o amor, dedicação, apoio, conselhos e ensinamentos. Muito obrigada por todo incentivo durante esses anos.
Vocês são meus exemplos.*

OFEREÇO

*A Deus,
Por estar presente em cada momento me dando força e coragem para enfrentar as dificuldades, iluminando sempre o meu caminho...*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

“ O Senhor é minha luz e salvação, o Senhor é o protetor de minha vida”

Obrigada Deus por mais esta oportunidade que guiaste em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À Professora Fatima Maria de Souza Moreira, por aceitar-me como orientada, por toda atenção dispensada, pelo conhecimento compartilhado durante todo período em que fui bolsista no laboratório de Microbiologia do Solo – DCS – UFLA.

Agradeço, em especial, aos meus coorientadores Prof. Nilton Curi pela colaboração, incentivo e amizade, à Ligiane Aparecida Florentino pela dedicação, profissionalismo e carinho dedicados a mim e a este trabalho.

A todos os professores do Departamento de Ciência do Solo, por seus ensinamentos, auxílios e pela disponibilidade para esclarecimentos.

Aos funcionários, Marlene Aparecida de Souza e Manuel Aparecido da Silva, pela contribuição na execução de todas as análises e sobretudo pela amizade construída durante todos os anos de trabalho em equipe.

A todos os funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pelo auxílio, apoio e ajuda prestados.

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Microbiologia do Solo.

Aos membros da banca examinadora, pesquisador Dr. Francisco Adriano de Souza e ao professor Dr. Evaristo Mauro de Castro, pela participação, colaboração e sugestões apresentadas.

Ao meu pai, Aloísio Amauri da Silva, pelo amor, educação e conselhos. À minha mãe querida, Maria de Fátima Pereira Silva, pelo amor incondicional e cumplicidade. Pais vocês são minha fortaleza e meu amparo.

Ao meu irmão, Kellson Aloysius Amauri da Silva, pelo apoio incondicional, por sempre acreditar em mim e pelo carinho e atenção sempre concedidos. A minha sobrinha Isis H. Barroso Silva pela torcida e alegria de sempre.

Ao meu namorado Thiago da Silva Rodrigues por todo amor, carinho, dedicação, ajuda e compreensão, eu te amo muito meu Amô.

Aos meus familiares, meu avô (sempre presente), tios (as), primos (as) e à família do meu namorado, sua mãe Regina, seu pai Edson e sua irmã Mariana que sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos e objetivos expressando força e coragem em todos os momentos.

Aos meus amigos-irmãos, agradeço a Deus por ter colocado pessoas tão maravilhosas e especiais que fazem minha vida mais feliz. Amizades que ultrapassam a barreira da distância e do tempo. Em especial, à Janaíne, Márcia, Isamara e Eveline.

RESUMO

A leguminosa *Sesbania virgata* é uma espécie nativa da América do Sul com potencial de utilização em áreas degradadas e no reflorestamento de matas ciliares. Esta espécie realiza o processo de Fixação biológica de Nitrogênio (FBN) com o microssimbionte *Azorhizobium doebereinae*, resultando em uma simbiose específica e eficiente. Os objetivos do presente trabalho foram: avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos onde essa espécie se estabelece; analisar a ocorrência de Bactérias Fixadoras de Nitrogênio Nodulíferas em Leguminosas (BFNNL) e de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) em solos coletados próximo do caule de *S. virgata* e relacionar a presença destes microrganismos com os atributos químicos do solo onde esta planta se encontra; estudar o efeito da inoculação de BFNNL e isolados de FMAs em plantas de *S. virgata*; realizar análise foliar das plantas de *S. virgata* selecionadas em campo, assim como da serapilheira do diâmetro da projeção da copa desta leguminosa. O presente trabalho foi constituído de quatro etapas. Na primeira, foi feita amostragem de solo em áreas de ocorrência de *S. virgata* nos pontos, próximo ao caule (PC), projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância do caule nas profundidades de 0-10 cm e 10-20cm do solo, foram amostradas folhas de *S. virgata* e da serapilheira ao seu redor nos pontos PJC e S10. Na segunda, as amostras de solos e folhas foram levadas para análises, químicas e física referente ao primeiro e química ao segundo. Na terceira etapa, foram realizadas as análises biológicas, que foram assim constituídas: avaliação da presença de *A. doebereinae* nas amostras de solos coletadas em campo; densidade e diversidade de FMAs recuperados do campo; e coinoculação de *Azorhizobium* sp.e FMAs em plantas de *S. virgata*. Na última etapa, foi verificada a relação entre os atributos químicos, físicos e biológicos. Concluiu-se que a relação BFNNL e FMAs foi significativa no N total do solo assim como nos teores de K^+ e Al^{3+} . Encontrou-se alto teor de N nas folhas de *S. virgata*, assim como na serapilheira ao redor desta. *A. doebereinae* foi estimulado pela presença de *S. virgata*. Porém, a ocorrência de *A. doebereinae* nas amostras de solo, nas diferentes distâncias e profundidades em relação a *S. virgata*, teve distribuição desuniforme em relação aos FMAs. Foram encontrados quatro diferentes gêneros de FMAs, cuja densidade de esporos decresce na seguinte ordem: *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus* e *Scutellospora*. O efeito da coinoculação BFNNL + FMAs promoveu o aumento da matéria seca em *S. virgata*.

Palavras-chave: Leguminosa arbórea. Bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Fungos micorrízicos arbusculares. Fertilidade do solo.

ABSTRACT

The legume *Sesbania virgata* is a species native to South America with potential use in degraded areas and reforestation of riparian forests. This species performs the process of biological nitrogen fixation (BNF) with *Azorhizobium doebereineriae*, resulting in a specific and efficient symbiosis. The objectives of this study were: to evaluate the chemical, physical and biological attributes of soils where this species is established; analyze the occurrence of nitrogen-fixing Leguminosae-nodulating bacteria (NFLNB) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in soils collected near the stem of *S. virgata* and find relationships of the presence of these microorganisms with soil chemical attributes where the plant is located; study the effect of inoculation with AMF NFLNB in plants of *S. virgata*; foliar analysis of *S. virgata* plants occurring in the field as well as in the litter. This study consisted of four steps. The first soil sampling was done in areas of occurrence of *S. virgata* points, collecting near the stem (PC), canopy projection (PJC) and 10 meters (S10) from the stem at depths of 0-10cm and 10-20cm, leaves of *S. virgata* and litter were also sampled around the points PJC and S10. In the second step soil and leaf samples were taken for chemical and physical analyzes. In the third step the following biological analysis were performed evaluation of the presence of *A. doebereineriae* in soil samples collected in the field, density and diversity of AMF retrieved from the field, and inoculation of *Azorhizobium* sp. and AMF on plants of *S. virgata*. The last step was verified the relationship between the chemical, physical and biological attributes. It is concluded that the relationship of AMF and NFLNB with the total nitrogen as well as of K^+ and Al^{3+} was significant it was found high levels of N in the leaves of *S. virgata*, as well as in the litter around this species. *A. doebereineriae* was stimulated by the presence of *S. virgata*. But the occurrence of *A. doebereineriae* in soil samples at different distances and depths compared to *S. virgata* had uneven distribution in relation to the AMF. We found four different genera of AMF, whose spore density decreases in the following order: *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus* and *Scutellospora*. The effect of inoculation AMF + NFLNB promoted increased dry matter in *S. virgata*.

Keywords: Legumes tree. Nitrogen-fixing Leguminosae-nodulating bacteria. Arbuscular mycorrhizal fungi. Soil fertility.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	15
1 INTRODUÇÃO GERAL	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
REFERÊNCIAS	31
SEGUNDA PARTE -	40
Título do artigo: Características químicas, físicas e biológicas de solos sob <i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Pers.	41
RESUMO	42
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS	44
3 RESULTADOS	54
4 DISCUSSÃO	77
5. CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS	87
APÊNDICE A	94
APÊNDICE B	112
ANEXO A	115

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 Mapa compreendendo os municípios das duas Mesorregiões estudadas, Campo das Vertentes e Sul e Sudoeste de Minas Gerais, nas duas épocas de coleta, Dezembro de 2008 e Dezembro de 201045
- FIGURA 2 Esquema de coleta, cada ponto representa uma amostra simples do solo, 2008 (A) e 2010 (B)47
- FIGURA 3 Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) da *S. virgata* e atributos químicos do solo de amostras coletadas na profundidade 0-10 cm e atributos biológicos. As siglas PC (próximo ao caule), PJC (projeção da copa) e S10 (10 m) são as distâncias em relação a *S. virgata*, e as Mesorregiões estudadas CV (Campo das Vertentes) e SSM (Sul e Sudoeste de Minas Gerais).74
- FIGURA 4 Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) da *S. virgata* e atributos químicos do solo de amostras coletadas na profundidade 10-20 cm e atributos biológicos. As siglas PC (próximo ao caule), PJC (projeção da copa) e S10 (10 m) são as distâncias em relação a *S. virgata*, e as Mesorregiões estudadas CV (Campo das Vertentes) e SSM (Sul e Sudoeste de Minas Gerais).....76
- GRÁFICO 1 Número de esporos em cada planta amostrada nos diferentes Municípios de: Macuco (PL1), Macuco (PL2), Macuco (PL3),

Macaia (PL4), Ribeirão Vermelho (PL5), Três Pontas (PL6),
Santana da Vargem (PL7), Coqueiral (PL8), Nepomuceno (PL9),
diferentes localidades em relação a *S. virgata*: próximo ao caule
(PC), projeção da copa (PJC) e a 10m de distância(S10) e
profundidades de coleta68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados em 2008	55
TABELA 2	Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados em 2010.....	56
TABELA 3	Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas em diferentes distâncias de <i>S. virgata</i> , amostradas em 2010.....	58
TABELA 4	Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados na Mesorregião Campo das Vertentes em diferentes distâncias de <i>S. virgata</i> , amostradas em 2010.....	60
TABELA 5	Teores de macro e micronutrientes em folhas de <i>S. virgata</i> amostradas em campo.....	62
TABELA 6	Nutrientes da <i>Brachiara</i> sp. coletadas em pastagem com presença de <i>S. virgata</i>	63
TABELA 7	Matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e matéria seca dos nódulos (MSN) de plantas de <i>S. virgata</i> inoculadas com suspensões de solos coletados PC (próximo ao caule), PJC (projeção da copa) e S10 (10 m de <i>S. virgata</i>), profundidades 0-10 e	

10-20 cm do solo em diferentes municípios do Sul do estado de Minas Gerais65

TABELA 8 Densidade e diversidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no solo sob *S. virgata*.70

TABELA 9 Matéria seca da parte aérea em gramas do experimento de simbiose tripartite entre BFNNL, FMAs e *S. virgata*.72

LISTA DE SIGLAS

BFNNL	Bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas
FMA	Fungos micorrízicos arbusculares
FBN	Fixação biológica de nitrogênio
NN	Número de nódulos
MSN	Matéria seca do nódulo
MSPA	Matéria seca da parte aérea
PC	Próximo ao caule de <i>Sesbania virgata</i>
PJC	Projeção da copa de <i>Sesbania virgata</i>
S10	A 10 metros de distância de <i>Sesbania virgata</i>
CV	Mesorregião Campo das Vertentes
SSM	Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas
CM	Colonização micorrízica

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A leguminosa *Sesbania virgata* é uma espécie arbórea nativa da América do Sul, e empregada no reflorestamento de matas ciliares e na recuperação de áreas degradadas. Os estudos de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL) envolvendo *S. virgata* indicam que esta espécie forma simbiose eficiente e específica apenas quando inoculada com estirpes da bactéria *Azorhizobium doebereinae*. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são microrganismos onipresentes na natureza, estes estabelecem simbose com muitas espécies de plantas, dentre estas plantas, as pertencentes à família Leguminosae. Diante disto, trabalhou-se com as seguintes hipóteses: a leguminosa *S. virgata* favorece as características químicas, físicas e biológicas do solo ao seu redor; que a interação entre BFNNL-leguminosas-FMAs favorece o crescimento de *S. virgata* e esse efeito depende da espécie do fungo. Para isto, os objetivos deste trabalho foram avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos onde essa espécie se estabelece; analisar a ocorrência de BFNNL e de FMAs em solos coletados próximo do caule de *S. virgata* e relacionar a presença destes microrganismos com os atributos químicos do solo onde esta planta se encontra; estudar o efeito da inoculação de bactérias e isolados de FMAs em plantas de *S. virgata*; realizar análise foliar das plantas de *S. virgata* selecionadas em campo, assim como da serapilheira do diâmetro na projeção da copa desta leguminosa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Simbiose entre Leguminosas e Bactérias Fixadoras de Nitrogênio Nodulíferas em leguminosas (BFNNL)

Os organismos do solo, sejam eles macro ou microscópicos, exercem várias funções, as quais garantem a manutenção, o equilíbrio e o funcionamento dos ecossistemas. Dentre essas funções, estão a decomposição e a mineralização da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N_2). Este último processo é um dos mais importantes para a manutenção da vida na terra e livre de qualquer contaminação ao ambiente (SWIFT et al., 2010), visto que disponibiliza aproximadamente 70% de todo o nitrogênio requerido pelos ecossistemas naturais e agrícolas (BURNS & HARDY, 1975).

O nitrogênio (N) é um elemento extremamente importante para os organismos vivos que habitam o ecossistema terrestre, pois este é constituinte de compostos como aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila, sendo assim um dos nutrientes essenciais às plantas. O nitrogênio é um elemento de elevada mobilidade no sistema solo-planta-atmosfera, por isso o manejo na adubação pode ser dificultado, ocorrendo perdas por volatilização ou lixiviação. Além disso, os fertilizantes nitrogenados apresentam um elevado custo, o que eleva e muito o custo na produção final, e a utilização sem critério pode acarretar a contaminação do meio ambiente.

Apesar de sua abundância, pois se estima que 78% do ar atmosférico seja constituído pelo gás N_2 , este não é assimilável para a maioria dos seres vivos. Dessa forma, a transformação à forma assimilável do gás N_2 pela maioria das plantas e organismos é realizada por alguns procariotos denominados de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL) por um

processo denominado Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), onde estas BFNNL através da enzima nitrogenase irão transformar o N_2 atmosférico em amônia (NH_3), tornando o nitrogênio disponível as plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os microrganismos, que fixam N_2 , apresentam diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética, estes podem ser encontrados em vida livre, em associação ou simbiose com plantas leguminosas; desta simbiose ocorre à formação de nódulos, que são estruturas especializadas nas quais ocorre o processo de redução de N_2 a NH_3 , estes nódulos se encontram nas raízes e/ou caules das plantas leguminosas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A simbiose entre BFNNL não ocorre de forma inerente a todas as espécies da família Leguminosae. A nodulação destas espécies por BFNNL é mais frequente entre os membros das subfamílias Papilionoideae, depois na Mimosoideae e pouco frequente em Caesalpinioideae (ALLEN & ALLEN, 1981; SPRENT, 2001). Alguns fatores podem ser limitantes para a realização do processo de FBN como: características intrínsecas da espécie hospedeira, pH associado ou não a toxidez por Al e Mn, calagem, resistência a antibióticos, deficiências nutricionais; presença de nitrogênio mineral, de elementos tóxicos e de defensivos agrícolas, salinidade, outras práticas de manejo, mineração, umidade e temperatura, além da população nativa das BFNNL (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). O cultivo em viveiros de 37 espécies de leguminosas mostrou que não foram encontrados nódulos em nenhuma das 18 espécies de Caesalpinioideae pesquisadas, porém das 19 espécies de Mimosoideae e Papilionoideae estudadas, 84% apresentaram nodulação (BARBERI et al., 1998). Em toda associação simbiótica mutualística há um benefício mútuo entre ambos os organismos.

As BFNNL que realizam o processo de FBN podem desempenhar outras funções, como a estimulação ao crescimento de plantas pela produção de

hormônios e outras substâncias afins, solubilização de fosfato. Estirpes de BFNNL e espécies de leguminosas podem variar de altamente promíscuas até altamente específicas, ou seja, estirpes de BFNNL são capazes de estabelecer simbiose com várias ou poucas espécies de leguminosas.

Dessa maneira, instituições de pesquisas vêm desenvolvendo trabalhos com interesse em encontrar BFNNL capazes de serem utilizadas no campo para total ou parcial substituição de fertilizantes nitrogenados, um exemplo ocorre com a cultura da soja (*Glycine max.* (L.) Merrill), onde devido à inoculação de BFNNL do gênero *Bradyrhizobium*, não é necessário o gasto com fertilizante nitrogenado. Para isso, uma série de trabalhos são realizados em casa de vegetação e campo até que seja aprovada a recomendação de uma determinada estirpe para uma determinada espécie. Ainda são grandes os desafios a serem superados, devido ao elevado número de plantas que podem se beneficiar com o processo de FBN e pela ampla diversidade de diazotróficos com potencial agrícola.

2.2 *Sesbania* spp.

O gênero *Sesbania* pertencente à família Leguminosae e subfamília Papilionoideae é constituído por cerca de 500 espécies em todo o mundo, sendo um grupo de espécies nativas de ocorrência nos trópicos e subtropicais (SHUGUANG et al., 2009). Aproximadamente 60 espécies são de leguminosas tropicais, destas já se tem relatos que 40 espécies nodulam (SPRENT, 2001; CUMMINGS et al. 2009). São encontradas espécies em habitats ecologicamente diversificados em planícies, zonas úmidas e semiáridas e em ecossistemas de costas marítimas e pântanos de água doce (SHARMA et al., 2005). Esse gênero se encontra distribuído entre ervas, arbustos ou árvores de pequeno a médio porte, sendo encontradas espécies nos continentes Americano, Africano e

Asiático. As espécies do gênero *Sesbania* têm sido descritas como acumuladoras de metais pesados, tolerantes e com elevada resistência a estresses bióticos e abióticos (YANG et al., 2003; SAHI et al., 2007). São espécies com potencial de utilização em áreas de recuperação de solos degradados, no reflorestamento de matas ciliares, como cercas vivas (ALLEN & ALLEN, 1981) e são excelentes para alimentação do gado como forragem e feno (ONIM & DZOWELA, 1988). Há espécies que são utilizadas no cultivo de arroz irrigado como adubo verde, em virtude de sua capacidade de fixar grandes quantidades de N₂ atmosférico (JAMES et al., 2001; CUMMINGS et al., 2009).

A espécie *Sesbania virgata* é uma espécie de vida curta, de oito a nove anos, que possui uma moderada capacidade de competir com gramíneas e de rebrotar da cepa após ocorrência de fogo ou corte (ARAUJO et al., 2004), *S. virgata* apresenta crescimento rápido, atinge entre 1 a 4 metros de altura, o florescimento é desuniforme durante todo o ano. No Brasil, a *Sesbania virgata* ocorre naturalmente e é encontrada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (POTT & POTT, 1994), porém relatou-se a ocorrência desta espécie na região Nordeste do Brasil, no bioma da caatinga, no estado da Paraíba, em matas ciliares tanto de rios quanto de reservatórios artificiais de água. (SOUZA et al., 2011). O desenvolvimento de *S. virgata* ocorre em solos de baixa fertilidade natural e em solos úmidos ou inundados, apresentando assim potencial para a utilização desta espécie em áreas de recuperação de solos degradados (TRANNIN et al., 2001; COUTINHO et al., 2005), no reflorestamento de matas ciliares, por tolerar condições de baixa oxigenação (ALLEN & ALLEN, 1981; FRANCO et al., 1996) e como adubos verdes, além disto esta espécie tem um sistema radicular muito ramificado que protege o solo contra a ação erosiva (ZANANDREA et al., 2009).

S. virgata se encontra distribuída em áreas de pastagem, podendo causar problemas ao gado, uma vez que esta planta contém compostos tóxicos principalmente nas sementes (KISSMANN & GROTH, 1999; LORENZI, 2000).

Esta espécie também apresenta propriedades farmacológicas, uma vez que o tratamento oral com sumo liofilizado de suas folhas em camundongos diminuiu a reação ao estímulo doloroso e reduziu o edema inflamatório (BRAGGIO et al., 2002).

A leguminosa *S. virgata* é comumente encontrada em margens de estradas rurais e/ou rodovias, em terrenos baldios, em localidades próximas a beira mar e em cavas de extração de argila (ARAUJO et al., 2004), sua importância na recuperação de cavas de extração de argila é devido à frequência de sua ocorrência nestes locais abandonados, por apresentar elevada disponibilidade de sementes e por formar simbiose com BFNNL (COUTINHO, 2005; ARAUJO et al., 2004). A simbiose existente entre a espécie *S. virgata* e *Azorhizobium doebereinae* é altamente específica e eficiente, esta espécie nodula apenas quando inoculada com estirpes de *A. doebereinae*, porém, estudos demonstram que apesar desta simbiose específica que *S. virgata* estabelece com *A. doebereinae*, não ocorre, porém inibição de outras BFNNL na sua rizosfera (FLORENTINO & MOREIRA, 2009; FLORENTINO et al., 2009). Dessa forma, a espécie *Macropitium atropurpureum* (siratro), leguminosa dita como promíscua, isto é, que estabelece simbiose com diferentes gêneros de BFNNL, apresentou uma vasta diversidade cultural de BFNNL quando inoculada com suspensões de solo de pastagem com presença de *S. virgata* da região Sul do estado de Minas Gerais (FLORENTINO et al., 2009). Estudos subsequentes com dez estirpes isoladas de amostras de solos próximas ao caule de *S. virgata*, provenientes também da região Sul de Minas Gerais, revelou que as estirpes apresentaram comportamentos distintos quando submetidas a diferentes testes de diversidade genética, fenotípica e simbiótica

(FLORENTINO et al., 2010). No teste de eficiência simbiótica, duas das dez estirpes demonstraram alto potencial em fixar N₂ em simbiose com o caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (FLORENTINO et al., 2010).

A partir da captura de isolados de BFNNL, provenientes de nódulos de leguminosas promíscuas, inoculadas com suspensões de solo coletadas próximo a *S. virgata*, obteve-se isolados com características específicas do gênero *Cupriavidus* pertencente à subclasse β -Proteobacteria, sendo este o primeiro relato de que este gênero estabelece simbiose com espécies de Papilionoideae (FLORENTINO et al., 2009). Estudo subsequente foi realizado para identificação em nível de espécie desses isolados e para verificação da capacidade de nodular e fixar nitrogênio, os resultados mostraram que a espécie é *Cupriavidus necator* e que esta foi capaz de nodular as espécies de leguminosas: *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Macroptilium atropurpureum*, *Phaseolus vulgaris*, *Leucaena leucocephala* e *Vigna unguiculata* (da SILVA et al., 2012), por outro lado, nodulação ausente ocorreu em *S. virgata*, confirmando elevado grau de especificidade simbiótica com *A. doebereineriae* (GONÇALVES & MOREIRA, 2004; MOREIRA et al., 2006; FLORENTINO & MOREIRA, 2009; da SILVA et al., 2012).

A leguminosa *Sesbania sesban* (L.) Merr. apresenta crescimento rápido e é amplamente distribuída em regiões tropicais e áreas subtropicais (GUTTERIDGE, 1994). Devido à sua capacidade de fixar N₂ atmosférico, esta espécie é utilizada como pousio para aumentar o nitrogênio (N) disponível no solo para culturas subsequentes em regiões da África Oriental e Central e também é fornecedora de lenha e forragem animal (KWESIGA & COE, 1994; WOODWARD & REED, 1997; PHIRI et al., 2003). Em sistemas agroflorestais no continente africano, *S. sesban* é cultivada em faixas com a cultura do milho, a prática de rotação entre *S. sesban* e milho pode captar e reciclar nitrato do solo (MEKONNEN et al., 1999). A fixação de N₂ que esta espécie realiza pode

chegar a uma taxa de até 200 kg de N. ha¹ (EVANS et al., 1990). No Vietnam, as folhas de *S. sesban* são usadas como forrageira para complementar palha de arroz na dieta animal e para a produção de composto para uso em hortas (DAN & BRIX, 2009), neste mesmo país, pesquisa revelou primeiro relato de que *S. sesban* pode ser usada em sistemas alagados construídos para o tratamento da água poluída, enquanto ao mesmo tempo a produção de uma biomassa, rica em nitrogênio, pode ser usada para a alimentação animal ou alteração do solo (DAN et al., 2011). Na Ásia, essa espécie é amplamente utilizada como adubo verde em cultivo de arroz irrigado por causa de sua capacidade suporte ao alagamento (YOUNG, 1997).

As espécies *Sesbania rostrata*, *S. aculeata* (*S. cannabina*) também são cultivadas como adubos verdes no cultivo de arroz irrigado nos trópicos, devido à capacidade destas espécies em resistir à saturação do solo e alagamentos, e em tolerar a salinidade do solo (REDDY et al., 2002).

DREYFUS et al. (1988) isolaram nódulos radiculares e caulinares de *Sesbania rostrata*, e descreveram um novo gênero de BFNNL, o gênero *Azorhizobium* e a espécie *A. caulinodans*, cuja estirpe tipo é a ORS 571^T (DREYFUS et al., 1988), esta planta forma nódulos fixadores de nitrogênio atmosférico nas raízes e caule, mesmo quando o conteúdo de nitrogênio no meio for elevado, contribuindo para um alto potencial fixador de N₂ (DREYFUS & DOMMERGUES, 1980). Verifica-se um alto grau de especificidade entre *S. rostrata* e *A. caulinodans*, pois esta espécie só apresenta nodulação caulinar quando é inoculada com a estirpe *A. caulinodans*, porém nodula a raiz quando inoculada com outros gêneros de BFNNL (LADHA et al., 1990; GONÇALVES & MOREIRA, 2004).

O isolamento de uma estirpe, denominada de IRBG74, a partir de nódulos radiculares da leguminosa aquática *Sesbania cannabina* relatou que IRBG74 é o primeiro simbiote a nodular leguminosa do clado *Rhizobium*

(*Agrobacterium*). Em estudos com inoculação em espécies de sesbânia dentre estas *S. cannabina*, verificou-se a ocorrência de simbiose eficaz com estirpes do gênero *Rhizobium* (CUMMINGS et al., 2009).

2.3 Simbiose em *Sesbania virgata* e *Azorhizobium doebereinae*

O isolamento de uma estirpe isolada de nódulos radiculares de *S. virgata* mostrou que suas características morfológicas em meio de cultivo 79 (FRED & WAKSMAN, 1928), ou também conhecido como YMA (VINCENT, 1970), eram semelhantes à estirpe tipo de *A. caulinodans* ORS 571^T, taxa de crescimento rápida, reação alcalina em meio de cultura e baixa produção de goma (MOREIRA et al., 1998). Estas características é que diferem o gênero *Azorhizobium* de outros gêneros de BFNNL (MOREIRA et al., 2006). Por meio da técnica de sequenciamento parcial do gene 16s RNA, os autores verificaram que a estirpe isolada de *S. virgata* continha sequência próximas à estirpe ORS 571^T, porém diferindo em oito nucleotídeos, sendo assim, uma nova espécie dentro do gênero de *Azorhizobium* foi encontrada por MOREIRA et al. (1998).

A nova espécie foi apresentada e proposta com o nome de *Azorhizobium johannense* no 12th International Congress on Nitrogen Fixation, em Foz do Iguaçu – PR, 1999 (MOREIRA et al., 1999), porém posteriormente recomendada como *Azorhizobium johannae* (GONÇALVES & MOREIRA, 2004). Entretanto, este nome foi alterado para *Azorhizobium doebereinae* na publicação da nova espécie por MOREIRA et al. (2006).

S. virgata quando inoculada com rizóbios dos gêneros *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium* não apresentou nodulação (GONÇALVES & MOREIRA, 2004). FLORENTINO & MOREIRA (2009) mostram perfis de proteína (características fenotípicas) de isolados de nódulos

de *S. virgata* que foram inoculados com solos da Amazônia apresentaram alta similaridade entre si e com a estirpe tipo BR 5401^T.

2.4 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) pertencem ao Filo Glomeromycota, Classe Glomeromycetes (glomeromicetos). São essencialmente biotróficos obrigatórios, o seu ciclo de vida inclui o crescimento e proliferação em raízes de plantas, formando assim uma relação simbiótica mutualística denominada micorriza arbuscular (MA) (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). São três as principais associações micorrízicas: endomicorizas, ectomicorizas e ectendomicorizas. O grupo das endomicorizas arbusculares (MAs) apresenta colonização nos espaços inter e intracelulares das células da epiderme e do córtex das raízes, formando arbúsculos. A colonização das raízes de plantas abrange quase todos os gêneros das Gimnospermas e Angiospermas, além de alguns representantes das Briófitas e Pteridófitas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Esse tipo de relação simbiótica é caracterizada pela perfeita interação morfológica, bioquímica e funcional, na qual a planta supre o fungo com energia para crescimento e reprodução via fotossíntese, e o fungo provê a planta e o solo, pois o conjunto de hifas que os FMAs proliferam no solo a partir desta associação simbiótica com as plantas proveem uma maior superfície absorviva comparando aos pelos radiculares isoladamente, em virtude disto, há um aumento significativo de água e íons relativamente imóveis como o fosfato o cobre e o zinco (BAGYARAJ et al., 2010). A colonização simultânea de raízes de plantas de mesma ou de diferentes espécies promove a interconexão entre elas, via micélio fungico (NEWMAN, 1988), permitindo a transferência de

substâncias entre plantas por meio da passagem direta pela hifa do fungo (NEWMAN, 1988; ROBINSON & FITTER, 1999).

Os FMAs também contribuem para uma maior tolerância das plantas a metais pesados e a condições de estresse hídrico, aumentam a resistência das plantas ao ataque de patógenos no sistema radicular (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Além disso, esses contribuem para a acumulação de estoques de carbono (RILLIG et al., 2001) e biomassa microbiana em solos (OLSSON & WIHELMSSON, 2000). A avaliação de FMAs nativos do solo em áreas contaminadas por arsênio (As), degradadas por extração de ouro no estado de Minas Gerais (MG)- Brasil, revelou que os FMAs foram encontrados de forma generalizada em todas as áreas de estudo e embora a contaminação com As possa ter reduzido a riqueza de espécies de FMAs, a predominância destes microssimbiontes em plantas hospedeiras, tende a contrabalancear esta redução (SCHNEIDER et al., 2012).

Os benefícios proporcionados pelos FMAs dependem de características da planta, das condições ambientais e do fungo. Há FMAs que são onipresentes, ou seja, estão em todo o mundo habitando diferentes ecossistemas (ÖPIK et al., 2006; OEHL et al., 2010), em contrapartida, outros FMAs parecem ser restrito a determinados ecossistemas da terra, ocorrendo em determinados tipos de vegetação e/ou climas (CASTILLO et al., 2006; OEHL & SIEVERDING, 2004).

Dessa forma, além dos benefícios citados anteriormente, os FMAs desempenham funções importantes na agregação e estabilidade dos agregados no solo, pois formam uma rede biológica que entrelaça e mantém juntas as partículas do solo e depositam material orgânico. A maior parte dos solos brasileiros apresenta elevado grau de intemperização, baixo teor de matéria orgânica e elevados teores de óxidos de alumínio (Al) e ferro (Fe), como resultado disto estes solos apresentam alta capacidade de fixação de fósforo (P),

e alternativas para melhor disponibilizar este nutriente as plantas são necessárias e os FMAs podem ser uma alternativa. A intensidade do uso do solo afeta as comunidades de FMAs bem como a presença e prevalência deste (OEHL et al., 2010).

2.5 Simbiose tripartite entre Leguminosas arbóreas, BFNNL e FMAs

As plantas da família Leguminosae podem estabelecer simbiose com BFNNL e FMAs simultaneamente. Os FMAs são microrganismos onipresentes na natureza, sendo assim raízes de leguminosas são facilmente micorrizadas e, quando noduladas formam uma simbiose tripartite entre BFNNL-Leguminosas-FMAs (de CARVALHO & MOREIRA, 2010). As BFNNL são capazes de fixar nitrogênio atmosférico (N_2), transformando o N_2 em amônia (NH_3), fornecendo assim o N na forma assimilável para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e os FMAs quando em associação com raízes de plantas, proporcionam melhor absorção de água e nutrientes, redução de ataque de patógenos e uma melhor tolerância a estresses ambientais (de CARVALHO & MOREIRA, 2010; SWIFT et al., 2010). Os benefícios desta interação podem contribuir para uma agricultura mais sustentável.

As leguminosas arbóreas podem ser importantes fontes de nitrogênio através da rizodeposição e deposição de resíduos vegetais, assim a simbiose tripartite entre BFNNL-leguminosas arbóreas- FMAs pode ser uma ferramenta para utilização e exploração econômica pelo uso na recuperação de áreas degradadas, em programas de reflorestamento, em monocultivos e/ou na inclusão em sistemas de manejo com outras espécies como, por exemplo, nas agroflorestas e sistemas silvipastoris (MOREIRA et al., 2010). A ocorrência destes microssimbiontes, na mesma planta, pode estimulá-las mutuamente na absorção de nutrientes para o seu crescimento e desenvolvimento. No entanto,

esta simbiose pode ocorrer de forma antagonista ou com efeito nulo, devido à influência de fatores como ambiente, planta hospedeira e interação entre os microssimbiontes (XAVIER & GERMIDA, 2002, 2003; MOREIRA et al., 2010).

A dupla inoculação, *Rhizobium* sp. e FMAs (*Glomus etunicatum*, *Acaulospora morrowae* e *A. longula*), em mudas de sabiá (*M. caesalpinifolia*) apresentaram valores significativos no crescimento, na área foliar, altura das plantas, atividade da enzima nitrogenase, porcentagem de colonização radicular, independente do nível de P (BURITY et al., 2000). Neste trabalho também verificaram que a nodulação do sabiá foi favorecida pela inoculação dos FMAs, pois as mudas inoculadas apenas com *Rhizobium* apresentaram nodulação significativamente menor (BURITY et al., 2000). Em outro estudo mais recente com *M. caesalpinifolia*, uma avaliação do efeito da coinoculação de BFNNL e FMAs encontrou teores maiores de P e principalmente de N nas mudas inoculadas com BFNNL e FMAs nativos (PRALON & MARTINS; 2011), isto provavelmente se deu em consequência de um efeito sinérgico entre os simbiontes, resultando em melhoria no “status” nutricional da planta hospedeira favorecendo o suprimento de fotoassimilados aos microrganismos simbiontes e vice-versa. Resultado semelhante foi encontrado com a leguminosa *Leucaena leucocephala*, a dupla inoculação aumentou significativamente os teores de N e P na parte aérea da planta (COSTA & PAULINO, 1992). A dupla inoculação é capaz de reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados, além de conferir às plantas maior capacidade de absorção de nutrientes, proporcionando aumento na produtividade (de CARVALHO & MOREIRA, 2010).

De acordo com RODRIGUES et al.(2003) inoculações com FMAs ou com FMAs e BFNNL proporcionaram maior teor e conteúdo de P nas plantas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) e de sesbânia (*Sesbania virgata*), cultivadas em consórcio, e também verificaram maior eficiência de utilização de P pelas

plantas de eucalipto. A transferência do nitrogênio fixado biologicamente de *S. virgata* inoculadas com BFNNL e micorrizas para plantas de *Eucalyptus grandis* indicam que consórcio pode ser benéfico para ambas às espécies, trabalhos na literatura que relacionam leguminosas, BFNNL e FMAs, apresentam que as micorrizas podem mediar à transferência de N das plantas leguminosas em associação com os microssimbiontes para plantas não leguminosas (RODRIGUES et al., 2003; de CARVALHO & MOREIRA et al., 2010).

Em mudas de *Piptadenia gonoacantha*, popularmente conhecido como pau-jacaré e de *Piptadenia paniculata*, conhecido como angico, apenas os tratamentos com a dupla inoculação, BFNNL e FMAs, foi observada a nodulação. Os autores sugerem que mudas micorrizadas dessas espécies sejam utilizadas na seleção de estirpes (JESUS et al., 2005). A dupla inoculação desses microssimbiontes também favoreceu três espécies de leguminosas, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, e *Sesbania virgata* (Cav.) Pers, pois a dupla inoculação aumentou o crescimento destas em comparação com uma única inoculação, apenas a espécie *Albizia lebeck* (L.) Benth não foi responsiva a qualquer inoculação de BFNNL e/ou FMAs (MOREIRA et al., 2010).

2.6 Influência das leguminosas nas características químicas do solo

As espécies arbóreas, principalmente as leguminosas, devido ao seu sistema radicular mais profundo, são capazes de extrair nutrientes de camadas mais subterrâneas do solo, deixando-os ao alcance para o crescimento das culturas através da ciclagem (KANG et al., 1981). Com isso, estas plantas são capazes de obter maior quantidade de água e nutrientes do subsolo, apresentando maior tolerância à seca e produzindo maior biomassa, mesmo em solos com

baixa disponibilidade de nutrientes. Conseqüentemente, as leguminosas restauram a fertilidade do solo em áreas exauridas pelo cultivo contínuo e intensivo. Além disso, as plantas promovem a liberação de íons inorgânicos como H^+ ou HCO_3^- , exsudados radiculares, como ácidos orgânicos, aminoácidos, açúcares, fenóis, que podem alterar o pH da rizosfera. Alguns processos como o de fixação biológica de nitrogênio (FBN) tende a liberar prótons e reduzir o pH rizosférico devido à incorporação de N_2 como NH_3 (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A maior absorção de ânions do que cátions pelas raízes das plantas faz com que estas excretem HCO_3^- para manter a neutralidade do meio, este processo eleva o pH da rizosfera. Em contrapartida, o excesso de absorção de cátions em relação aos ânions faz com que as raízes exsudem H^+ abaixando o pH da rizosfera (DAKORA & PHILLIPS, 2002). Assim, a mudança no pH com a extrusão de HCO_3^- aumenta o fornecimento de nutrientes em solos ácidos, tal como acontece com a exsudação de H^+ em solos calcários. Alguns estudos mostram que o valor do pH rizosférico pode ser até duas unidades acima, quando comparado ao solo não rizosférico (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Essa alteração no pH da rizosfera consiste num mecanismo que pode contribuir para a adaptação dos vegetais à presença de Al^{+3} , tendo sido observada tendência das espécies tolerantes em aumentar o pH da rizosfera em relação às espécies sensíveis ao Al^{+3} (FOY & FLEMING, 1982), tornando-o não tóxico às plantas. Contudo, esse efeito não pode ser avaliado de forma isolada, pois com a elevação do pH da rizosfera diminui-se também a concentração de H^+ na solução do solo e aumenta-se a concentração de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que amenizam os efeitos do Al^{+3} (TAN et al., 1993; CLEGG & GOBRAN, 1995).

Assim sendo, um bom exemplo é o estudo do solo rizosférico da espécie leguminosa *Aspalathus linearis* L, o qual apresenta valor de pH superior

ao do solo não rizosférico (MUOFHE & DAKOTA, 2000). De acordo com DAKORA & PHILLIPS (2002), este aumento no solo rizosférico de *Aspalathus linearis* L é devido à liberação de H^+ e HCO_3^- , que segundo os autores é uma forma de adaptação da espécie para facilitar o crescimento em solos com baixo pH (3,0 - 5,0).

De acordo com TEKLEHAIMANO & ANIM-KWAPONG (1996), os solos coletados próximos ao sistema radicular da espécie leguminosa *Albizzia zygia*, capaz de formar simbiose com BFNNL, apresentam características químicas, N, P, K^+ e Ca^{+2} , superiores aos solos que não estavam sob a área de influência da área radicular da espécie.

REFERÊNCIAS

ALLEN, O. N. & ALLEN, E. K. **The leguminosa: a source book of characteristics, uses and nodulation.** Wisconsin: University of Madison, 1981.

ARAÚJO, E. C. de; MENDONÇA, A. V. R.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R. & SILVA, R. F. da. Caracterização Morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata* (CAV.) PERS. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p.105-110, 2004.

BAGYARAJ, J. D.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J. & BIGNELL, D. E. eds. **Manual de Biologia dos Solos Tropicais amostragem e caracterização da biodiversidade.** Lavras, Editora UFLA, 2010. p. 205.

BARBERI, A.; CARNEIRO, M. A. C.; MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Nodulação em leguminosas florestais em viveiros no Sul de Minas Gerais.** CERNE, n. 4, p.145-153, 1998.

BRAGGIO, M. M.; LIMA, M. E. L.; VEASEY, E. A. & Haraguchi, M. Atividades farmacológicas das folhas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Arquivo do Instituto de Biologia**, v. 69, n. 4, p.49-53, 2002.

BURITY, H. A.; LYRA, M. do C. C. P. de; SOUZA, E. S.; MERGULHÃO, A. C. do E. S.; SILVA, M. L. R. B. Efetividade da inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p.801-807, 2000.

BURNS, R. C. & HARDY, R. W. F. **Nitrogen Fixation in Bacteria and Higher Plants**, Springer-Verlag, New York, 1975.

CASTILLO, C.G.; BORIE, F.; GODOY, R.; RUBIO, R. & SIEVERDING, E. Diversity of mycorrhizal plant species and arbuscular mycorrhizal fungi in evergreen forest, deciduous forest and grassland ecosystems of Southern Chile. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, n. 80, p.40-47, 2006.

CLEGG, S. & GOBRAN, G. R. Effects of aluminium on growth and root reactions of phosphorus stresses *Betula pendula* seedling. **Plant and Soil**, n. 168, p.173-178, 1995.

COSTA, N.L. & PAULINO, V.T. Response of leucaena to single and combined inoculation with rhizobium and mycorrhiza. **Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.**, n. 10, p.45-46, 1992.

COUTINHO, M. P.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; MENDONÇA, A. V. R. & NOVAES, A. B. de. **Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Plantas em uma área degradada por extração de argila**. Floresta, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, 2005.

CUMMINGS, S. P.; GYANESHWAR, P.; VINUESA, P.; FARRUGGIA, F. T.; ANDREWS, M.; HUMPHRY, D.; ELLIOTT, G. N.; NELSON, A.; ORR, C.; PETTITT, D.; SHAH, G. R.; SANTOS, S. R.; KRISHNAN, H. B.; ODEE, D.; MOREIRA, F. M. S.; SPRENT, J. I.; YOUNG, J. P. W. & James, E. K. Nodulation of *Sesbania* species by *Rhizobium* (*Agrobacterium*) strain IRBG74 and other rhizobia. **Environmental Microbiology**, p.2510-2525, 2009.

DA SILVA, K.; FLORENTINO, L. A.; SILVA, K. B.; DE BRANDT, E.; VANDAMME, P. & MOREIRA, F. M. S. *Cupriavidus necator* isolates are able to fix nitrogen in symbiosis with different legume species. **Systematic and Applied Microbiology**, n. 35, p.175-182, 2012.

DAKORA, F. D & PHILLIPS, D. A. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. **Plant and Soil**, n. 245, p. 35–47, 2002.

DAN, T. H. & BRIX, H. Growth responses of the perennial legume *Sesbania sesban* to NH₄ and NO₃ nutrition and effects on root nodulation. **Aquatic Botany**, n. 91, p. 238–244, 2009.

DAN, T. H.; QUANG, L. N.; HUU CHIEM, N. & BRIX, H. Treatment of high-strength wastewater in tropical constructed wetlands planted with *Sesbania sesban*: Horizontal subsurface flow versus vertical downflow. **Ecological Engineering**, n. 37, p.711–720, 2011.

DE CARVALHO, T. S. & MOREIRA, F. M. S. Simbioses Tripartites: Leguminosas, Fungos Micorrízicos e Bactérias Fixadoras de Nitrogênio Nodulíferas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A. DE; CARDOSO, E. J. B. N. & TSAI, S. M. eds. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras, Editora UFLA, 2010. p.393-413.

DREYFUS, B. & DOMMERGUES, Y. Non-inhibition de la fixation d'azote atmosphérique par l'azote combine chez une légumineuse à nodules caulinaires, *Sesbania rostrata*. **C. R. Acad. Sc.**, Paris T 291: Série D-767-770, 1980.

DREYFUS, B.; GARCIA, J. L. & GILLIS, M. Characterization of *Azorhizobium caulinodans* gen. nov, sp. Nov., a stem-nodulating Nitrogen-Fixing Bacterium Isolated from *Sesbania rostrata*: International **Journal of Systematic Bacteriology**, v. 38, n. 1, p.89-98, 1988.

EVANS, D. O., MACKLIN, B., ANDERSON, D. M., BREWBAKER, J. L., GUTTERIDGE, R. C., NARAYAN, H., OSMAN, A. M., RAO, D. L. N., STEINMUELLER, N., THOMSON, L., TOPARK-NGARM, A. & YAMOAH, C. Perennial *Sesbania* Production and Use: A Manual of Practical Information for Extension Agents and Development Workers. **Nitrogen Fixing Tree Association**, University of Hawaii, Honolulu, USA, 1990.

FLORENTINO, L. A.; GUIMARÃES, A. P.; RUFINI, M.; da SILVA, K.; MOREIRA, F.M.S. *Sesbania virgata* stimulates the occurrence of its microsymbiont in soils but does not inhibit microsymbionts of other species. **Scientia Agricola**, n. 66, p.667–676, 2009.

FLORENTINO, L. A.; MOREIRA, F. M. S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereinae*, microssimbionte de *Sesbania virgata*. **Revista Árvore**, n. 33, p.215–226, 2009.

FLORENTINO, L. A.; SOUSA, P. M.; SILVA, J. S.; SILVA, K. B. & MOREIRA, F. M. S. Diversity and efficiency of *Bradyrhizobium* strains isolated from soil samples collected from around *Sesbania virgata* roots using cowpea as trap species. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 34, p.1113-1123, 2010.

FOY, C. D.; FLEMING, A. L. Aluminium tolerances of two wheat genotypes related to nitrate reductase activities. **Journal of Plant Nutrition**, New York, n. 5, p.1313-1333, 1982.

FRANCO, A. A.; CAMPELO, E. F. C.; DIAS, L. E. & FARIA, S. M. Uso de leguminosas associadas a microrganismos na revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto-Trombetas – PA. **Embrapa Agrobiologia**, n. 69, 1996.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology - with special reference to the microorganisms of the soil**. New York: McGraw-Hill Book Company, 145p., 1928.

GONÇALVES, M. & MOREIRA, F. M. S. Specificity of the legume *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. and its nodule isolates *Azorhizobium johannae* with other legume hosts and rhizobia. **Symbiosis**, n. 36, p.57–68, 2004.

GUTTERIDGE, R.C. The perennial *Sesbania* species. In: Gutteridge, R.C., Shelton, H.M. eds. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. **Tropical Grassland Society of Australia**, Brisbane, Australia, p. 49–64, 1994.

JAMES, E. K., LOUREIRO, M. F., POTT, A., POTT, V. J., MARTINS, C. M., FRANCO, A. A. & SPRENT, J. I. Flooding-tolerant legume symbioses from the **Brazilian Pantanal**. *New Phytol*, n. 150, p. 723–738, 2001.

JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. A. & FARIA, S. M. Dependência de micorrizas para nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p.545-552, 2005.

KANG, B. T.; WILSON, G. F.; SIPKENS, L. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) in Southern Nigeria. **Plant and Soil**, n. 63, p.165-179, 1981.

KISSMANN, K. G. & GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF Brasileira, t. 2, 1999.

KWESIGA, F. & COE, R. The effect of short-rotation *Sesbania-sesban* planted fallows on maize yield. **Forest Ecol. Manag.** 64, 199–208, 1994.

LADHA, J. K.; PAREEK, R. P. & BECKER, M. Stem-nodules symbiosis and its unusual properties. In: GRESSHOFF, P. M.; ROTH, STACEY e NEWTON, W. E. **Nitrogen fixation: achievements and objectives**, New York, Chapman and Hall, p. 633-640, 1990.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

MEKONNEN, K.; BURESH, R. J.; COE, R. & KIPLETING, K. M. Root length and nitrate under *Sesbania sesban*: Vertical and horizontal distribution and variability. **Agroforestry Systems**, n. 42, p.265–282, 1999.

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

MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, Y.; GONÇALVES, M.; HAUKKA, K.; YOUNG, P. W.; FARIA, S. M.; FRANCO, A. A.; CRUZ, L. M. & PEDROSA, F. O *Azorhizobium jahannense* sp. nov. and *Sesbania virgata* (Caz.) Pers.: a highly specific symbiosis. **Proceeding of 12th Internacional Congresso n Nitrogen Fixation**, Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil, p. 197, 1999.

MOREIRA, F. M. S.; CRUZ, L.; de FARIA, S. M.; MARSH, T.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; PEDROSA, F. O.; PITARD, R. M. & YOUNG, J. P. W. *Azorhizobium doebereineriae* sp. nov. microsymbiont of *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. **Systematic and Applied Microbiology**, n.29, p.197–206, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; DE CARVALHO, T. S.; SIQUEIRA, J. O. Effect of fertilizers, lime, and inoculation with rhizobia and mycorrhizal fungi on the growth of four leguminous tree species in a low-fertility soil. **Biol Fertil Soils**, n. 46, p.771–779, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; FARIA, S. M. de; BALIEIRO, F. de C.; FLORENTINO, L. A. Bactérias fixadoras de N₂ e fungos micorrízicos arbusculares em espécies florestais: avanços e aplicações biotecnológicas. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P.

(Org.). **Biotecnologia aplicada a agricultura**. Recife: Embrapa/IPA, 2010. p. 439-477.

MOREIRA, F. M. S.; HAUKKA, K. & YOUNG, P. W. Biodiversity of rhizobia isolated from a wide range of forest legumes in Brazil. **Molecular Ecology**, v. 7, n. 7, p.4-11, 1998.

MUOFHE, M. L. & DAKOTA, F. D. Modification of rhizosphere pH by the symbiotic legume *Aspalathus linearis* growing in a sandy acidic soil. **Australian Journal of Plant Physiology**, n.27, p.1169-1173, 2000.

NEWMAN, E.I. Mycorrhizal links between plants: Their functioning and ecological significance. **Adv. Ecol. Res.**, n. 18, p.243-270, 1988.

OEHL, F. & SIEVERDING, E. *Pacispora*, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungal genus in the Glomeromycetes. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, N.78, P.72-82, 2004.

OEHL, F.; LACZKO, E.; BOGENRIEDER, A.; STAHR, K.; BÖSCH, R.; van der HEIJDEN, M. & Sieverding, E. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Soil Biology & Biochemistry**, n. 42, p.724-738, 2010.

OLSSON, P. A. & WILHELMSSON, P. The growth of external AM fungal mycelium in sand dunes and in experimental systems. **Plant & Soil**, n. 226, p.161-169, 2000.

ONIM, J.F.M. & DZOWELA, B.H. The distribution of *Sesbania* species in the PANESA region. In: DZOWELA, B.H. (Ed.). Pasture Network for Eastern and Southern Africa. African forage plant genetic resources, evaluation of forage germplasm and extensive livestock production systems: Proceedings of the third PANESA workshop, ILCA, **Addis Ababa**, Ethiopia, 1988. p. 54–65.

ÖPIK, M.; MOORA, M.; LIIRA, J. & Zobel, M. Composition of root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities in different ecosystems around the globe. **Journal of Ecology**, n. 94, p.778-790, 2006.

PHIRI, E., VERPLANCKE, H., KWESIGA, F. & MAFONGOYA, P. Water balance and maize yield following improved *sesbania* fallow in eastern Zambia. **Agroforest. Syst.**, n. 59, P.197–205, 2003.

POTT, A. & POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. EMBRAPA Informação Tecnológica, Corumbá, 1994. 320p

PRALON, A. Z. & MARTINS, M. A. Utilização do resíduo industrial Ferkal na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, em estéril de extração de argila, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbios. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 25:55-63, 2011.

REDDY, P. M.; JAMES, E. K. & LADHA, J. K. **Nitrogen Fixation in Rice**. Elsevier Science B.V. All rights reserved, p.421-445, 2002.

RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F. & TORN, M. S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant & Soil**, n. 233, p.167-177. 2001.

ROBINSON, D. & FITTER, A. The magnitude and control of carbon transfer between plants linked by a common mycorrhizal network. **J. Exp. Bot.**, n. 330, p.9-13, 1999.

RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A. & SALOMÃO, M. S. M. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. II – Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 593-599, 2003.

SAHI, S. V.; ISRAR, M.; SRIVASTAVA, A. K.; GARDEA-TORRESDEY, J.L. & PARSONS, J.G. Accumulation, speciation and cellular localization of copper in *Sesbania drummondii*. **Chemosphere**, n.67, p.2257-2266, 2007.

SCHNEIDER, J.; STÜRMER, S. L.; GUILHERME, L. R. G.; MOREIRA, F. M. S. & SOARES, C. R. F. DE S. Arbuscular mycorrhizal fungi in arsenic-contaminated areas in Brazil. **Journal of Hazardous Materials**, 2012.

SHARMA, R. S.; MOHMMED, A.; MISHRA, V.; BABU, C. R. Diversity in a promiscuous group of rhizobia from three *Sesbania* spp. colonizing ecologically distinct habitats of the semi-arid Delhi region. **Research in Microbiology** n.156, p.57-67, 2005.

SHUGUANG, J.; WEIJUN, S. & YANG ZHONGYI, Y. Enhanced adaptability of *Sesbania rostrata* to Pb/Zn tailings via stem nodulation. **Journal of Environmental Sciences**, n. 21, p.1135-1141, 2009.

SOUZA, V. C.; ANDRADE, L. A.; BEZERRA, F. T. C.; Fabricante, J. R. & Feitosa, R. C. Avaliação populacional de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae Lindl.), nas margens do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p.314-320, 2011.

SPRENT, J. I. **Nodulation in Legumes**. London, UK: Royal Botanic Gardens, Kew, 2001. 146 p.

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. S. & HUISING, J. O inventário da diversidade biológica do solo: conceitos e orientações. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. eds. **Manual de Biologia dos Solos Tropicais amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras, Editora UFLA, 2010. p. 23, 31

TAN, K.; KELTJENS, W. G. & FINDENEGG, G. R. Evaluating the contributions of magnesium deficiency in the aluminium toxicity syndrome in the twelve sorghum genotypes. **Plant and Soil**, n. 149, p.255-261, 1993.

TEKLEHAIMANOT, Z. & ANIM-KWAPONG, G. The potentials of *Albizia zygia* (D. C.) macbride for soil amelioration. **Applied Soil Ecology**, n. 3, p.59-68, 1996.

TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S. & Siqueira, J. O. Crescimento e nodulação de *Acacia mangium*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Sesbania virgata* em solo contaminado com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 25, p.743-753, 2001.

VINCENT, J. M. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. In: International Biological Programme Handbook n. 15. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1970.

WOODWARD, A. & REED, J. D. Nitrogen metabolism of sheep and goats consuming *Acacia brevispica* and *Sesbania sesban*. **J. Anim. Sci.** n.75, p.1130-1139, 1997.

XAVIER, L. J. C.; GERMIDA, J. J. Response of lentil under controlled conditions to co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia varying in efficacy. **Soil Biol Biochem**, n.34, p.181-188, 2002.

XAVIER, L. J. C.; GERMIDA, J. J. Selective interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae enhance pea yield and nutrition. **Biol Fertil Soils**, n. 37, p.262-267, 2003.

YANG, B.; SHU, W.; YE, Z.; LAN, C. & WONG, M. Growth and metal accumulation in vetiver and two *Sesbania* species on lead/zinc mine tailings. **Chemosphere**, v 52, n.15, p.93-1600, 2003.

YOUNG, A. **Agroforestry for SoilManagement.** CAB International, Wallingford, UK, 1997.

ZANANDREA, I.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. F. P.; HENRIQUE, P. C. & SILVEIRA, N. M. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**, n.57, p.661–669, 2009.

SEGUNDA PARTE

Artigo

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E BIOLÓGICAS DE SOLOS
SOB *Sesbania virgata* (Cav.) Pers.

RESUMO

A leguminosa *Sesbania virgata* é uma espécie nativa da América do Sul com potencial de utilização em áreas degradadas e no reflorestamento de matas ciliares. Esta espécie realiza o processo de Fixação biológica de Nitrogênio (FBN) com o microssimbionte *Azorhizobium doebereinae*, resultando em uma simbiose específica e eficiente. Este trabalho verificou as relações da ocorrência dessa simbiose com fatores químicos, físicos e biológicos do solo. Para isto, os objetivos do presente trabalho foram: avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos onde essa espécie se estabelece; analisar a ocorrência de Bactérias Fixadoras de Nitrogênio Nodulíferas em Leguminosas (BFNNL) e de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) em solos coletados próximo do caule de *S. virgata* e relacionar a presença destes microrganismos com os atributos químicos do solo onde esta planta se encontra; estudar o efeito da inoculação de BFNNL e isolados de FMAs em plantas de *S. virgata*; realizar análise foliar das plantas de *S. virgata* selecionadas em campo, assim como da serapilheira do diâmetro da projeção da copa desta leguminosa. Conclui-se que os ambientes estudados com presença de *S. virgata* sofreram e/ou sofrem alterações de cunho antrópico. A relação BFNNL e FMAs foi significativa no N total do solo, assim como nos teores de K^+ e Al^{3+} . Encontrou-se alto teor de N nas folhas de *S. virgata*, assim como na serapilheira ao redor desta. *A. doebereinae* foi estimulado pela presença de *S. virgata*. Porém, a ocorrência de *A. doebereinae* nas amostras de solo, nas diferentes distâncias e profundidades em relação a *S. virgata*, teve distribuição desuniforme em relação aos FMAs. Foram encontrados quatro diferentes gêneros de FMAs, cuja densidade de esporos decresce na seguinte ordem: *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus* e *Scutellospora*, não foi observada relação entre a densidade e diversidade de FMAs nos diferentes pontos de coleta de amostras de solo. O efeito da coinoculação BFNNL + FMAs promoveu o aumento da matéria seca em *S. virgata*.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de espécies, principalmente de leguminosas, que apresentam crescimento rápido, capazes de fornecer um aporte de nitrogênio (N) e carbono (C) ao solo, bem como aumentar a disponibilidade dos demais nutrientes pode favorecer o estabelecimento do processo sucessional. A leguminosa *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. tem sido utilizada na recuperação de

áreas degradadas, pois esta espécie promove altas taxas de crescimento e cobertura no solo. *S. virgata* é nativa da região Sul do Continente Americano e tem ocorrência espontânea em algumas localidades no Brasil, ocorrendo principalmente em vegetações ciliares e em pastagens, nas regiões Centro-Oeste e Sudeste (POTT & POTT, 1994; BRAGGIO et al., 2002). Além disso, SOUZA et al. (2011) relatou a ocorrência desta espécie na região Nordeste do Brasil, no bioma da caatinga em matas ciliares tanto de rios quanto de reservatórios artificiais de água.

S. virgata estabelece simbiose eficiente com estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL) da espécie *Azorhizobium doebereineriae* (GONÇALVES & MOREIRA, 2004; MOREIRA et al., 2006; FLORENTINO & MOREIRA, 2009), indicando alta especificidade simbiótica entre estes dois organismos. Em solos do Sul de Minas Gerais, verificou-se inclusive que a ocorrência deste microsimbionte está associada com a presença do hospedeiro, *S. virgata* (FLORENTINO & MOREIRA, 2009; FLORENTINO et al., 2009).

De acordo com de CARVALHO & MOREIRA (2010), a sesbânia também pode formar simbiose radicular com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que ajudam na absorção de nutrientes em solos de baixa fertilidade e o estudo desta simbiose tripartite entre BFNNL-leguminosas-FMAs é importante na busca do melhor sinergismo entre esses organismos.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram analisar a ocorrência de BFNNL e de FMAs em solos coletados próximo do caule de *S. virgata* e relacionar a presença destes microrganismos com os atributos químicos do solo onde esta planta se encontra; estudar o efeito da inoculação de bactérias e isolados de FMAs em plantas de *S. virgata*; realizar análise foliar das plantas de *S. virgata* selecionadas em campo assim como da serapilheira do diâmetro na projeção da copa desta leguminosa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características das áreas e coleta de amostras de solos e de material para análise foliar

As áreas em estudo localizam-se no Sudeste do Brasil, no estado de Minas Gerais e foram selecionadas com base em trabalhos anteriores, onde foi verificado que a ocorrência da bactéria *A. doebereineriae* está relacionada à ocorrência de *S. virgata* (FLORENTINO & MOREIRA, 2009; FLORENTINO et al., 2009).

A figura 1 mostra os municípios estudados, os quais estão localizados sob duas Mesorregiões deste estado, Campo das Vertentes e Sul (CV) e Sul e Sudoeste de Minas (SSM), <http://www.mg.gov.br/governomg/ecp/contents.do?evento=conteudo&idConteudo=69547&chPlc=69547&termos=s&app=governomg&tax=0&taxp=5922>. Para a primeira Mesorregião, Campo das Vertentes, foram selecionados os municípios de Lavras (21° 14' 43'' S, 44° 59' 59'' W, altitude 919 m), Macaia (21° 10' 36,2'' S, 45° 03' 19,6'' W, altitude 851 m), Itutinga (21° 17' 52'' S, 44° 39' 28'' W, altitude 958 m), Ribeirão Vermelho (21° 11' 27'' S, 45° 03' 43'' W, altitude 808 m), Nepomuceno (21° 14' 48,3'' S, 45° 13' 41,3'' W, altitude de 884 m) e Macuco (21° 18' 54,7'' S, 44° 37' 20,5'' W, altitude de 874 m). Já na Mesorregião Sul e Sudoeste do estado de MG, foram selecionados os municípios de Coqueiral (21° 11' 29,2'' S, 45° 26' 32,8'' W, altitude 844 m), Santana da Vargem (21° 15' 27,4'' S, 45° 30' 24,3'' W, altitude 818 m) e Três Pontas (21° 21' 54,8'' S, 45° 29' 19,6'' W, altitude 897 m).

As coletas foram realizadas em Dezembro de 2008 e Dezembro de 2010, conforme apresentado na figura 2.



Figura 1 Mapa compreendendo os municípios das duas Mesorregiões estudadas, Campo das Vertentes e Sul e Sudoeste de Minas Gerais, nas duas épocas de coleta, Dezembro de 2008 e Dezembro de 2010

Em ambos os períodos, as amostras de solos foram coletadas em diferentes distâncias ao redor da planta de *S. virgata*, onde cada amostra composta foi oriunda de quatro amostras simples (Figura 2). Antes de efetuar a coleta das amostras de solo, a serapilheira foi removida e os materiais, utilizados na coleta, foram flambados para se evitar a contaminação microbiológica entre um ponto e outro. As amostras foram armazenadas a 4 °C em câmara fria para sua conservação. Em 2008, a coleta foi realizada na camada de 0 a 20 cm do solo e foram coletadas próximo ao caule (PC) e a 10 metros de distância (S10) do caule de *S. virgata*.

Em 2010, foi realizada outra coleta de amostras de solo, nesta inseriu-se outro ponto de coleta localizado na projeção da copa (PJC) de *S. virgata* com o objetivo de ter um ponto intermediário entre PC e S10, sendo assim as amostras foram coletadas próximo ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros de distância (S10) do caule de plantas de *S. virgata*, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm do solo, (Figura 2). Nesse período, além das amostras de solos, foram coletadas ainda folhas e raízes de *S. virgata* e da vegetação ao redor da planta, que consistiu da gramínea do gênero *Brachiaria*. No caso de *S. virgata*, foram coletadas três amostras no terço médio superior de cada planta, os galhos cortados mediam em torno de 40-50 cm. Já para *Brachiaria* sp. retiraram-se folhas em quatro pontos, tomando como modelo os pontos na PJC e S10 das amostras de solo conforme figura 2. As folhas de *S. virgata* e da serapilheira composta por pastagem de *Brachiaria* sp. foram recolhidas para análise foliar de macro e micronutrientes. As amostras das folhas de *S. virgata* e *Brachiaria* sp. foram colocadas em sacos plásticos transparentes e armazenadas em caixas de isopor com gelo até serem acondicionadas em câmara fria a 4° C no Laboratório de Microbiologia do Solo- UFLA. Para a coleta das

raízes de *S. virgata*, retirou-se o solo rente ao caule como se fosse abrir um perfil no solo e coletaram-se as raízes mais finas sem danificar a planta.

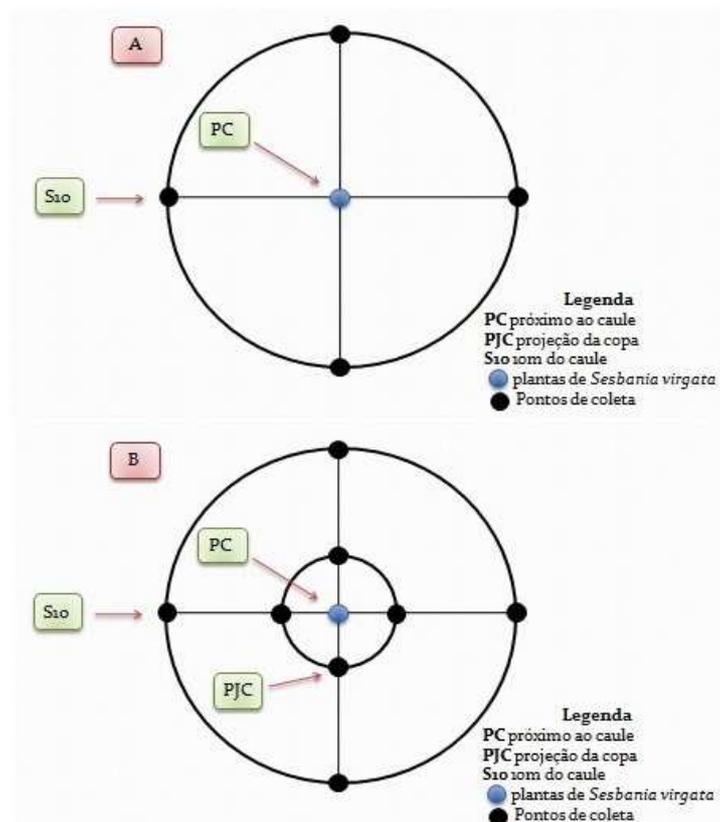


Figura 2 Esquema de coleta, cada ponto representa uma amostra simples de solo, 2008 (A) e 2010 (B)

2.2 Análises de amostragem do solo física, química e foliar

Das amostras de solo, coletadas em 2008 e 2010, foram retirados cerca de 500g de solo para a determinação da textura segundo o método de BOUYOUCOS (1927) e para as análises químicas que foram realizadas segundo métodos compilados em Embrapa 1997. O nitrogênio (N) total foi analisado segundo BREMNER & MULVANEY (1982). Essas análises foram realizadas nos Laboratórios de Física e Fertilidade do Solo da UFLA.

Para a realização da análise foliar, folhas amostradas em campo foram lavadas em água corrente seguida de lavagem em água destilada, posteriormente secas em estufa a 60 °C, após, estas foram trituradas e submetidas à análise química para determinação dos teores de macro e micronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997).

As análises estatísticas para os atributos químicos do solo das amostras coletadas em 2008 e em 2010, assim como das folhas da serapilheira do solo, foram analisadas por modelos mistos PINHEIRO & BATES (2000) no programa R. Nas análises para os componentes químicos do solo das amostras de 2008 às distâncias em relação à *Sesbania virgata* (PC e S10), foi fator fixo do modelo, a variável município foi utilizada como efeito aleatório deste modelo, sendo assim cada planta do município foi analisada como uma repetição neste modelo de efeitos mistos. Nesta análise, avaliaram-se amostras de solos dos municípios de: Lavras, Macuco, Itutinga, Ribeirão Vermelho, Nepomuceno, pertencentes à Mesorregião CV, MG. A análise para as amostras, feitas em 2010, apresentou uma diferença em virtude de se ter mais um ponto de coleta na PJC e por ter diferentes profundidades. As distâncias em relação a *S. virgata* (PC, PJC e S10) e profundidades do solo (0-10 e 10-20 cm do solo) foram fatores fixos do modelo, a variável município foi utilizada como efeito aleatório deste modelo,

sendo assim, cada planta de cada município foi analisada como uma repetição neste modelo de efeitos mistos.

O modelo de efeitos mistos para os atributos químicos do solo foi analisado de duas formas para as amostras de solo coletadas em 2010, primeiro todas as plantas amostradas, num total de nove plantas foram o efeito aleatório deste modelo, ou seja, as nove plantas formaram nove repetições. Na segunda análise, separaram-se os municípios estudados em suas Mesorregiões, SSM e CV, assim, separadamente cada planta do município de sua respectiva Mesorregião foi o efeito aleatório do modelo, ou seja, uma repetição do modelo. A Mesorregião SSM consta de três municípios (Coqueiral, Santana da Vargem e Três Pontas), portanto contém três plantas, três repetições e a Mesorregião de CV integra-se de quatro municípios (Macaia, Macuco, Nepomuceno e Ribeirão Vermelho) esta Mesorregião tem seis plantas, seis repetições, visto que no município de Macuco coletaram-se três plantas.

Os resultados dos atributos químicos do solo das amostras de 2010 à distância de 10 metros de *S. virgata* foi o intercepto de comparação, ou seja, os valores de S10 foram comparados aos valores encontrados na PJC e PC de *S. virgata*. Já para os nutrientes químicos, encontrados nas amostras de solo de 2008, os valores de S10 foram comparados com os valores das amostras na PC. Para as folhas da serapilheira no solo a comparação foi entre valores de S10 com valores na PJC.

O modelo utilizado para os componentes químicos das folhas da serapilheira, o fator fixo foi à distância em relação a *S. virgata* (PJC e S10) e os municípios foram utilizados como efeito aleatório. Para ambos os modelos mistos os valores da variável distância a 10 metros de *S. virgata* (S10) foi tido como intercepto de comparação, ou seja, as demais variáveis, PJC e PC, foram comparadas a S10.

2.3 Análises microbiológicas

As amostras de solos, coletadas em Dezembro de 2010, além das análises químicas e físicas, foi analisada também a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e de BFNNL e, mais especificamente, de *Azorhizobium doebereineriae*, considerando a alta especificidade de sua simbiose com *S. virgata*.

2.3.1 Ocorrência de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL)

Com o objetivo de verificar a ocorrência de BFNNL, suspensões das amostras de solos coletadas próximo ao caule (PC), projeção da copa (PJC) e a 10 metros de distância (S10), em Dezembro de 2010, foram inoculadas em plantas de *S. virgata*. Para o preparo das suspensões de solo, utilizou-se 50g de solo suspenso em 50 mL de solução salina (0,85%) estéril para cada amostra, agitou-se por 30 minutos a 120rpm. Os tratamentos foram identificados da seguinte maneira: o nome do município de coleta da amostra de solo, PC, PJC ou S10, indicando qual a procedência da amostra em relação a *S. virgata* e, ainda, se estas amostras foram coletas a 0-10 ou 10-20 cm do solo, resultando num total de 50 tratamentos inoculados com as suspensões de solos.

As condições de cultivo e inoculação foram de acordo com Florentino et al. (2009). Além das inoculações com as suspensões das amostras de solos, foram utilizados dois tratamentos controles, um com uma pequena quantidade de 5,25 mg L⁻¹ nitrogênio mineral e sem inoculação (SN), que é uma dose de arranque, mas que não inibe o processo de fixação biológica de nitrogênio, outro com nitrogênio mineral e sem inoculação (CN) com a quantidade de 52,5 mg L⁻¹ de nitrogênio mineral que inibe a nodulação e provê todo o N requerido pela

planta. As estirpes, tipo das espécies descritas do gênero *Azorhizobium*: *A. caulinodans* (DREYFUS et al., 1988), estirpe ORS 571^T (BR 5410^T) e *A. doebereineriae* (MOREIRA et al., 2006), estirpe BR 5401^T foram utilizadas como controle negativo e positivo, sendo esta última recomendada como inoculante para *S. virgata*, pela Embrapa Agrobiologia (MOREIRA et al., 2010; FARIA & MELO, 1998).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação por 40 dias. Após este período, foi avaliado o número de nódulos (NN), os pesos da matéria seca da parte aérea (MSPA) e dos nódulos (MSN). O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os dados MSPA, MSN e NN foram analisados estatisticamente de acordo com o programa SISVAR (FERREIRA, 2003), utilizando-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

2.3.2 Densidade e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas amostras de solos e colonização de FMAs nas raízes de *Sesbania virgata*

A extração de esporos do solo, para análise da densidade e diversidade de esporos de FMAs, foi realizada segundo GERDEMANN & NICOLSON (1963), seguido pela centrifugação em gradiente de sacarose nas amostras de solo coletadas em 2010. Em seguida, observou-se o material em microscópio estereoscópico (40X) e efetuou-se a contagem dos esporos em placas com anéis concêntricos. Após a contagem, lâminas com os esporos foram montadas com polivinil-lacto-glicerol (PVLG) e 1:1 (v/v) + PVLG com reagente de Melzer. A avaliação das características taxonômicas dos esporos foi distinguida sob um microscópio fotômetro. Os esporos foram contados e identificados ao nível de espécie com base no site do INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>). A análise estatística para densidade e diversidade de esporos de FMAs foi analisada por

modelos mistos PINHEIROS & BATES (2000) no programa R, onde as distâncias em relação a *S. virgata* (PC, PJC e S10), foram fator fixo do modelo e a variável número de esporos de FMAs foi o efeito aleatório. Os valores de S10 foram utilizados como intercepto de comparação.

A taxa de colonização micorrízica foi avaliada pela presença ou ausência de colonização em segmentos de raízes coletadas em campo, montados em lâminas para microscopia conforme GIOVANNETTI & MOSSE (1980).

2.3.3 Coinoculação de BFNNL e FMAs nas plantas de *Sesbania virgata*

Para avaliar a contribuição da coinoculação entre BFNNL e FMAs para o crescimento vegetal de *S. virgata* um experimento foi instalado em casa de vegetação onde *S. virgata* foi cultivada em tubetes de 250 cm³ contendo vermiculita e areia na proporção 2:1, respectivamente. Foram utilizadas duas espécies descritas do gênero *Azorhizobium*: *A. caulinodans* (DREYFUS et al., 1988), estirpe ORS 571^T e *A. doebereineriae* (MOREIRA et al., 2006) BR 5401^T esta última recomendada como inoculante para *S. virgata*, pela Embrapa Agrobiologia (MOREIRA et al., 2010; FARIA & MELO, 1998), e espécies de FMAs pertencentes à coleção do Setor de Microbiologia do Solo – UFLA. Além da inoculação com as estirpes bacterianas, foram utilizados ainda dois tratamentos sem inoculação: um com suplementação de nitrogênio mineral (CN) contendo 52,5 mg L⁻¹ e outro contendo pequena quantidade de nitrogênio mineral (SN) de 5,25 mg L⁻¹.

Para os FMAs, foram selecionados seis isolados, UFLA-425 (*Acaulospora scrobiculata*), UFLA- 469 (*A. morrowiae*), UFLA-540 (*A. spinosa*), UFLA-372 (*Paraglomus occultum*), UFLA-PAT-217 (*Glomus etunicatum*) e UFLA-311 (*Scutelospora heterogama*) que representassem as principais espécies encontradas na extração de esporos das diferentes amostras

de solos coletadas em campo e inclui-se também um tratamento sem inoculação de FMA. No momento do plantio, foram inoculados: 1 mL das culturas de BFNNL e 1 mL de suspensões de esporos e raízes contendo aproximadamente 100 esporos das diferentes espécies de FMAs. O delineamento estatístico foi um fatorial 4 X 7, sendo quatro tratamentos com fontes de N e 7 de inoculação de FMA, com 3 repetições.

O experimento permaneceu na casa de vegetação por 40 dias. De todas as plantas, foram avaliados os pesos da matéria seca da parte aérea (MSPA). Os dados MSPA foram analisados estatisticamente utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2003), utilizando-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

2.3.4 Análise de componentes principais (APC)

Para verificar a interação fatores químicos e biológicos foram submetidos à análise de componente principal (ACP), utilizando o software Canoco 4.5, para resumir a variação multidimensional em um diagrama, classificados com o grau de semelhança entre os componentes em torno das variáveis (TER BRAAK, 1986). A ACP foi escolhida após a realização de uma análise de correspondência destendenciada (DCA), que ajudou a definir o comprimento do gradiente. Uma vez que o gradiente era menor do que 3, a ACP foi preferida. Neste estudo, os autovalores $> 0,4$ foram considerados como representando um grau elevado de associação para a interpretação de componentes principais.

3 RESULTADOS

3.1 Atributos físicos, químicos e análise foliar

Os atributos químicos do solo das amostras coletadas, em 2008, não apresentaram diferença estatística entre os tipos de amostragem (PC e S10) em relação a *S. virgata* nos diferentes municípios estudados, com exceção apenas do alumínio que apresentou diferença, tendo uma concentração maior de Al^{3+} a S10 de *S. virgata* (Tabela1). A análise completa das amostras então em anexo A.

Tabela 1 Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados em 2008

Análise Modelos Mistos						
Mesorregião Campo das Vertentes (Lavras, Macuco, Itutinga, Ribeirão Vermelho, Nepomuceno)						
<i>Sesbania virgata</i>						
Atributos Químicos do Solo		S 10	CF (S10)	PC	CF (PC)	
pH	(H ₂ O 1:2,5)	6,36	Alto	6,36	Alto	
P(Mehlich)	mg dcm ⁻³	1,58	Muito baixo	1,96	Muito baixo	
K		102,72	Bom	97,06	Bom	
Ca		2,61	Bom	3,21	Bom	
Mg		0,41	Baixo	0,36	Baixo	
Al		0,17	Muito baixo	0,00*	Muito baixo	
H+Al	cmol dm ⁻³	2,31	Baixo	1,84	Baixo	
SB		3,55	Médio	3,82	Bom	
t		3,40	Médio	3,91	Bom	
T		5,43	Médio	5,82	Médio	
V	(%)	57,21	Médio	62,57	Bom	
m		8,05	Muito baixo	3,89	Muito baixo	
MO	dag Kg ⁻¹	2,19	Médio	2,31	Médio	
P-rem	mg L ⁻¹	17,25		19,93		
Zn		2,79	Alto	3,93	Alto	
Fe		114,50	Alto	130,60	Alto	
Mn	mg dcm ⁻³	23,94	Alto	27,25	Alto	
Cu		2,09	Alto	2,11	Alto	
B		0,19	Baixo	0,18	Baixo	
S		24,97	Muito bom	14,65	Muito bom	

O (*) representa que houve significância de 10m *S. virgata*, pelo teste de modelos mistos utilizando o programa R a $p < 0,05$. Utilizaram-se 16 repetições por localidade amostrada, S10 e PC. A classificação da fertilidade do solo (CF) segundo Ribeiro et al. (1999), para o pH, seguiu-se a classificação agrônômica e o P(Mehlich) mg dcm⁻³ foi classificado utilizando-se o P-rem mg L⁻¹.

As análises químicas das amostras coletadas, em 2010, mostraram que mesmo tendo sido feita amostragem de solo em diferentes áreas, distâncias e profundidades, não houve grande variabilidade para os atributos químicos do solo, com exceção do N e K (tabela 2).

Tabela 2 Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados em 2010

Análise Modelos Mistos							
Municípios: Macuco, Macaia, Ribeirão Vermelho, Três Pontas, Santana da Vargem, Coqueiral, Nepomuceno							
Atributos Químicos do Solo		<i>Sesbania virgata</i>					
		S10	CF (S10)	PJC	CF (PJC)	PC	CF (PC)
Ph	(H ₂ O 1:2,5)	6,25	Alto	6,16	Alto	6,15	Alto
P(Mehlich)	mg dcm ⁻³	4,04	Muito baixo	3,73	Muito baixo	3,39	Muito baixo
K		97,72	Bom	75,22*	Bom	86,00	Bom
Ca		3,10	Bom	3,21	Bom	3,83	Bom
Mg		0,65	Médio	0,52	Médio	0,56	Médio
Al		0,06	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,04	Muito baixo
H+Al	cmol dm ⁻³	2,54	Médio	2,21	Baixo	2,32	Baixo
SB		4,01	Bom	3,93	Bom	4,61	Bom
t		4,08	Médio	3,98	Médio	4,66	Bom
T		6,55	Médio	6,13	Médio	6,18	Médio
V	(%)	60,68	Bom	60,76	Bom	65,05	Bom
m		1,99	Muito baixo	2,24	Muito baixo	1,47	Muito baixo
MO	dag Kg ⁻¹	2,89	Médio	2,76	Médio	3,39	Médio
P-rem	mg L ⁻¹	23,06		23,83		23,55	
Zn		17,08	Alto	27,61	Alto	4,71	Alto
Fe		155,13	Alto	181,45	Alto	172,74	Alto
Mn	µg dcm ⁻³	46,57	Alto	48,73	Alto	55,77	Alto
Cu		2,93	Alto	3,06	Alto	2,70	Alto
B		0,21	Baixo	0,14	Muito baixo	0,21	Baixo
S		11,96	Bom	10,34	Bom	9,49	Médio
N(Total)	g Kg ⁻¹	1,81		1,96*		2,34**	

Os valores com (*) são significativamente diferentes aos valores da coluna S10 de *S. virgata* nas respectivas linhas, se (*) a $p < 0,05$ e quando (**) a $p < 0,01$. Utilizaram-se 9 repetições por localidade amostrada, S10, PJC e PC. A classificação da fertilidade do solo (CF) segundo Ribeiro et al. (1999), para o pH, seguiu-se a classificação agrônômica e o P(Mehlich) mg dcm⁻³ foi classificado utilizando-se o P-rem mg L⁻¹

A partir da análise de modelos mistos, verificou-se que o potássio (K) foi o elemento que na PJC de *S. virgata*, foi significativamente menor do que em S10 a um nível de significância de 5%. O nitrogênio (N) total do solo encontrado PC de *S. virgata* foi estatisticamente superior ao encontrado em S10 à significância de 1%, já na PJC a significância estatística do N total em relação à S10 foi de 5%. Os demais nutrientes não diferiram pela análise de modelos mistos realizada no programa R. As profundidades do solo também foram analisadas por modelos mistos, porém não foi encontrada nenhuma diferença estatística assim, optou-se por apresentar os dados de acordo com a localização das amostras em relação à leguminosa *S. virgata*. A análise das amostras de solo completa esta em apêndice A.

Uma segunda análise de modelos mistos foi efetuada separando os municípios estudados em suas respectivas Mesorregiões para que a os ambientes tivessem uma distribuição mais uniforme e verificar as alterações nas análises que esta divisão acarretaria.

O que se constatou foi que, após ter feita a análise das Mesorregiões, o potássio não apresentou diferença estatística, já o fósforo das amostras localizadas na PJC de *S. virgata*, na Mesorregião SSM, diferiu em relação a S10. Contrariando os resultados da primeira análise, onde todos os municípios foram analisados juntos, cada um como uma repetição, o N total do solo das amostras pertencentes à Mesorregião SSM não teve significância. A tabela 3 apresenta a análise de modelos mistos para a Mesorregião SSM.

Tabela 3 Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas em diferentes distâncias de *S. virgata*, amostras de 2010

Análise Modelos Mistos							
Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas (Coqueiral, Santana da Vargem, Três Pontas)							
<i>Sesbania virgata</i>							
Atributos Químicos do Solo		S 10	CF (S10)	PJC	CF (PJC)	PC	CF (PC)
pH	(H ₂ O 1:2,5)	6,30	Alto	6,33	Alto	6,14	Alto
P(Mehlich)	mg dcm ⁻³	1,76	Muitc baixo	4,46*	Muito baixo	3,52	Muito baixo
K		80,00	Bom	74,34	Bom	91,00	Bom
Ca		4,16	Muitc bom	4,32	Muito bom	4,22	Muito bom
Mg		0,86	Médic	0,66	Médio	0,50	Médio
Al		0,00	Muitc baixo	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo
H+Al	cmol dm ⁻³	2,36	Baixo	2,26	Baixo	2,56	Baixo
SB		5,03	Bom	5,19	Bom	5,16	Bom
t		5,03	Bom	5,19	Bom	5,16	Bom
T		7,40	Médic	7,46	Médio	7,73	Médio
V	(%)	67,33	Bom	67,56	Bom	66,70	Bom
m		0,00	Muitc baixo	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo
MO	dag Kg ⁻¹	3,26	Médic	3,36	Médio	3,66	Médio
P-rem	mg L ⁻¹	16,40		16,70		15,87	
Zn		41,93	Alto	69,16	Alto	7,13	Alto
Fe		122,00	Alto	131,83	Alto	143,83	Alto
Mn	mg dcm ⁻³	78,93	Alto	72,37	Alto	72,37	Alto
Cu		5,00	Alto	4,30	Alto	3,74	Alto
B		0,26	Baixo	0,36	Médio	0,29	Baixo
S		10,83	Muitc bom	10,33	Muito bom	9,53	Bom
N(Total)	g Kg ⁻¹	2,33		2,59		2,93	

O (*) representa que houve significância de 10m *S. virgata* pelo teste de modelos mistos utilizando o programa R a $p < 0,05$. Utilizaram-se 3 repetições por localidade amostrada, S10 e PC. A classificação da fertilidade do solo (CF) segundo Ribeiro et al. (1999), para o pH, seguiu-se a classificação agrônômica e o P(Mehlich) mg dcm⁻³ foi classificado utilizando-se o P-rem mg L⁻¹.

A tabela 4 contém as análises de modelos mistos para a Mesorregião CV, e nesta, verifica-se que o micronutriente manganês (Mn) foi significativamente superior nas amostras PC em relação a S10 e que, para os municípios pertencentes a esta Mesorregião, o N total do solo das amostras PC de *S. virgata* foi significativamente diferente das amostras a dez metros de distância desta planta.

Tabela 4 Atributos químicos e classificação da fertilidade dos solos amostrados na Mesorregião Campo das Vertentes em diferentes distâncias de *S. virgata*, amostradas em 2010

Análise Modelos Mistos							
Mesorregião Campo das Vertentes (Macaia, Macuco, Nepomuceno, Ribeirão Vermelho)							
<i>Sesbania virgata</i>							
Atributos Químicos do Solo		S 10	CF (S10)	PJC	CF (PJC)	PC	CF (PC)
pH	(H ₂ O 1:2,5)	6,24	Alto	6,08	Bom	6,17	Alto
P(Mehlich)	mg dcm ⁻³	5,42	Muito baixo	3,30	Muito baixo	3,32	Muito baixo
K		108,51	Bom	75,91	Bom	83,50	Bom
Ca		2,49	Bom	2,57	Bom	3,63	Bom
Mg		0,66	Médio	0,44	Baixo	0,50	Médio
Al		0,10	Muito baixo	0,08	Muito baixo	0,07	Muito baixo
H+Al	cmol dm ⁻³	2,59	Médio	2,17	Baixo	2,18	Baixo
SB		3,45	Médic	3,21	Médio	4,34	Bom
t		3,55	Médio	3,29	Médio	4,41	Médio
T		6,12	Médic	5,40	Médio	6,52	Médio
V	(%)	56,85	Médio	56,85	Médio	64,24	Bom
m		3,06	Muito baixo	3,46	Muito baixo	2,20	Muito baixo
MO	dag Kg ⁻¹	2,70	Médio	2,42	Médio	3,25	Médio
P-rem	mg L ⁻¹	26,27		27,33		27,39	
Zn		2,33	Alto	2,85	Alto	3,49	Alto
Fe		171,96	Alto	208,38	Alto	187,19	Alto
Mn	mg dcm ⁻³	28,82	Alto	36,22	Alto	47,47*	Alto
Cu		1,77	Bom	2,41	Alto	2,17	Alto
B		0,18	Baixo	0,24	Baixo	0,17	Baixo
S		12,63	Bom	10,33	Bom	9,47	Médio
N(Total)	g Kg ⁻¹	1,55		1,63		2,05*	

O (*) representa que houve significância de 10m *S. virgata* pelo teste de modelos mistos utilizando o programa R a $p < 0,05$. Utilizaram-se 6 repetições por localidade amostrada, S10 e PC. A classificação da fertilidade do solo (CF) segundo Ribeiro et al. (1999), para o pH, seguiu-se a classificação agrônômica e o P(Mehlich) mg dcm³ foi classificado utilizando-se o P-rem mg L⁻¹

A classificação textural das amostras de solo coletadas no ano de 2008 foi: textura muito argilosa a argilosa nos municípios de Lavras, Ribeirão Vermelho e Nepomuceno e textura média nos municípios de Macuco e Itutinga.

Os resultados das amostras de solo, do ano de 2010, apresentaram dois tipos de textura, textura argilosa e textura média. Não foi encontrada diferença na textura nas duas profundidades amostradas (0-10 cm e 10-20 cm), os municípios de Ribeirão Vermelho, Três Pontas, Santana da Vargem e Nepomuceno foram classificados como solos de textura argilosa, já os municípios de Macaia e Coqueiral textura média. No município de Macuco, foram amostradas três localidades, destas, duas foram classificadas como solos de textura média e uma de textura argilosa.

A composição química das folhas de *S. virgata* está apresentada na tabela 5, *S. virgata* apresentou maior teor de N entre os macronutrientes. O Fe e o Mn foram os micronutrientes que apresentaram maior quantidade na fitomassa da planta, coincidindo com os valores encontrados no solo, pois estes micronutrientes foram encontrados com altas concentrações no solo (apêndice A).

Tabela 5 Teores de macro e micronutrientes em folhas de *S. virgata* amostradas em campo

<i>Sesbania virgata</i>												
Municípios	Planta	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	B	Fe	Mn	Zn
				g.kg ⁻¹				ng. kg ⁻¹				
Macuco	PL1	36	2,5	11,4	12,1	1,4	1,9	5,8	30,0	53,3	88,1	28,4
Macuco	PL2	40	2,7	11,4	9,2	1,3	2,2	6,1	22,8	72,6	62,0	31,8
Macuco	PL3	33	2,2	9,9	13,8	1,7	1,9	5,8	27,5	58,9	116,2	30,0
Macaia	PL4	43	2,2	9,3	6,8	1,2	1,6	5,3	17,2	53,3	44,6	25,9
Ribeirão Vermelho	PL5	41	4,2	12,3	10,1	1,6	2,6	8,2	27,5	58,4	53,5	38,6
Três Pontas	PL6	33	2,7	11,1	8,0	1,3	1,8	4,8	22,1	61,8	70,7	68,2
Santana da Vargem	PL7	38	3,4	11,1	10,3	1,9	1,9	5,7	28,3	127,5	86,6	32,7
Coqueiral	PL8	43	3,7	9,9	11,9	1,6	1,8	7,1	48,1	76,2	130,5	35,6
Nepomuceno	PL9	36	3,4	12,6	6,0	1,7	2,1	10,1	17,9	64,9	31,8	37,1
Média total		38	3,0	11	9,8	1,5	1,9	6,5	26,8	69,6	76,0	36,5

Na tabela 6 estão todos os valores da análise estatística, para cada atributo químico utilizou-se média de nove tratamentos, sendo cada município um destes tratamentos. Os valores dos nutrientes encontrados, em cada tratamento, estão no apêndice B.

Tabela 6 Nutrientes da *Brachiara* sp. coletadas em pastagem com presença de *S. virgata*

Análises Modelos Mistos			
<i>Brachiara SP</i>			
Atributos Químicos da Folha		10m de <i>S. virgata</i>	PJC de <i>S. virgata</i>
N		14,95	18,54*
P		2,69	3,07
K	g Kg ⁻¹	18,17	18,23
Ca		6,89	6,09
Mg		3,44	2,90
Cu	ng Kg ⁻¹	7,35	7,28
B		9,74	10,53
Fe	mg Kg ⁻¹	221,24	129,93
Mn		96,53	76,07
Zn		37,28	36,64
S		1,36	1,36

Valores com (*) são significativamente diferentes dos valores da coluna 10 m de *S. virgata* nas respectivas linhas, se (*) a $p < 0,05$

3.2 Atributos microbiológicos

3.2 1 Bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL)

Foi verificado que todas as amostras coletadas próximo ao caule (PC) e na projeção da copa (PJC) de *S. virgata* e nas duas profundidades apresentaram bactérias capazes de nodular esta leguminosa. Das 16 amostras coletadas a distância de 10 metros do caule, em somente três tratamentos foram encontrados nódulos. Dos tratamentos que apresentaram nódulos, observa-se que alguns foram estatisticamente semelhantes ao tratamento inoculado com a estirpe tipo BR 5401^T (Tabela 7).

Em relação à matéria seca dos nódulos (MSN), o tratamento inoculado com a estirpe BR 5401^T foi inferior às plantas inoculadas com as suspensões de solos coletadas nos municípios de Macuco (PL3), Macuco (PL1), Coqueiral (PL8), Nepomuceno (PL9) e Três Pontas (PL6), nas amostras da camada 0 a 10

em localizada PC. Os maiores valores da MSPA foram obtidos com inoculação de amostras de solo de: Três Pontas (PL6) e Santana da Vargem (PL7) das amostras PC, neste último município (PL7) encontraram-se-se também altos valores da MSPA na PJC, assim como nas localidades de Macuco (PL3) e Coqueiral (PL8).

Os valores da matéria seca da parte aérea (MSPA) dos tratamentos inoculados com a estirpe BR 5401^T foram inferiores à maioria dos tratamentos inoculados com as suspensões de solo. Os controles com nitrogênio mineral (CN) e sem nitrogênio mineral (SN) não apresentaram nódulos, confirmando que não houve contaminação do experimento.

Tabela 7 Matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e matéria seca dos nódulos (MSN) de plantas de *S. virgata* inoculadas com suspensões de solos coletados PC (próximo ao caule), PJC (projeção da copa) e S10 (10 m de *S. virgata*), profundidade 0-10 e 10-20 cm do solo em diferentes municípios do Sul do estado de Minas Gerais

Controles		Matéria seca da parte aérea (MSPA)g						Número de Nódulos (NN)						Matéria seca dos nódulos (MSN) g					
ORS 571 ^T		0,4 d						0 d						0c					
BR 5401 ^T		0,7 c						107 A						0,1 b					
CN		1,6 a						0,d						0 c					
SN		0,4 d						0 d						0 c					
Municípios	Plantas	PC		PJC		10m		PC		PJC		10m		PC		PJC		10m	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
Macuco	PL1	0,6 c	0,8 b	0,9 b	0,7 c	0,4 d	0,4 d	10 c	60 a	46 b	45 b	0 d	0 d	0 c	0,07 b	0,1 a	0,07 b	0 c	0 c
Macuco	PL2	0,5 d	0,5 d	0,3 d	0,4 d	0,3 d	0 f	18 c	22 b	0 d	0 d	0 d	0 d	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c
Macuco	PL3	0,8 b	0,7 c	0,8 b	0,9 b	0,3 d	0,3 d	51 b	40 b	0 d	51 b	0 d	0 d	0,1 a	0,1 a	0 c	0,1 a	0 c	0 c
Macaia	PL4	0,4 d	0,8 b	-	-	-	-	43 b	49 b	-	-	-	-	0, b	0,06 b	-	-	-	-

Tabela 7, conclusão

Ribeirão Vermelho	PL5	0,3	0,7	0,8	0,7	0,4	0,3	3,0	9	8	8	0	0	0,01	0,03	0,05	0,03	0	0
		d	c	b	c	d	d	d	c	c	c	d	d	c	c	b	c	c	c
Três Pontas	PL6	0,8	0,9	0,6	0,7	0,9	0,6	95	11	15	38	11	1	0,05	0,08	0,05	0,07	0,10	0,05
		b	b	c	c	b	c	a	c	c	b	c	d	b	a	b	b	a	b
Santana da Vargem	PL7	0,7	0,8	0,7	0,9	0,7	0,3	94	55	31	54	13	0	0,06	0,10	0,06	0,10	0,04	0
		c	b	c	b	c	d	a	b	b	b	c	d	b	a	b	a	b	c
Coqueiral	PL8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,3	0,4	71	18	70	103	0	0	0,08	0,05	0,08	0,10	0	0
		c	b	b	b	d	d	a	c	a	a	d	d	a	b	a	a	c	c
Nepomuceno	PL9	0,6	0,7	0,8	0,6	0,2	0,3	38	62	97	53	4	0	0,03	0,07	0,08	0,04	0	0
		c	c	b	c	e	d	b	a	a	b	d	d	c	b	a	b	c	c

3.2 2 Densidade e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas amostras de solos e colonização de FMAs nas raízes de *Sesbania virgata*

A avaliação da densidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), nas amostras de solo coletadas em 2010, mostrou um grande número de esporos de FMAs nos solos, sendo que o maior número encontrado foi no município de Coqueiral (PL8). O gráfico 1 mostra o número de esporos recuperados em cada município especificando o local em relação a *S. virgata* e a profundidade das amostras de solos de onde foram realizadas as extrações dos esporos. Com relação ao efeito do local de amostragem, houve variação entre os diferentes Municípios.

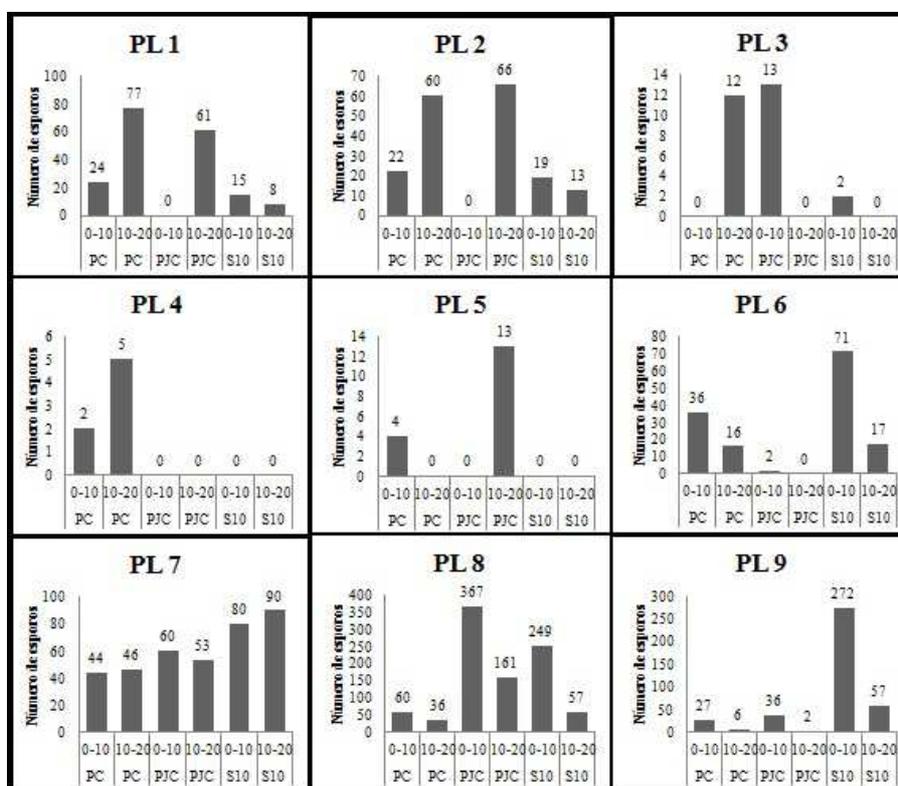


Gráfico 1 Número de esporos em cada planta amostrada nos diferentes Municípios de: Macuco (PL1), Macuco (PL2), Macuco (PL3), Macaia (PL4), Ribeirão Vermelho (PL5), Três Pontas (PL6), Santana da Vargem (PL7), Coqueiral (PL8), Nepomuceno (PL9), diferentes localidades em relação à *S. virgata*: próximo ao caule (PC), projeção da copa (PJC) e 10m de distância (S10) e profundidades de coleta

Foram encontrados quatro diferentes gêneros de FMAs, cuja densidade de esporos decresce na seguinte ordem: *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus* e *Scutellospora*.

A diversidade de espécies, dentro destes gêneros, foi maior em *Acaulospora*, onde cinco espécies foram encontradas, *A. morrowiae*, *A. scrobiculata*, *A. mellea*, *A. spinosa* e *A. longula*. Dos demais gêneros, apenas uma espécie de cada foi encontrada, sendo: *Glomus etunicatum*, *Paraglomus occultum* e *Scutellospora heterogama*. A espécie com maior densidade de esporos foi *A. morrowiae* seguida da espécie *Glomus etunicatum*. As espécies com menor densidade, ambas do gênero *Acaulospora* são as espécies *A. mellea* e *A. spinosa*, tabela 8.

Tabela 8 Densidade e diversidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no solo sob *S. virgata*

Espécies de FMA	Densidade de esporos		
	<i>Sesbania virgata</i>		
	10m	PJC	PC
Total	85	58	25*
<i>A. morrowiea</i>	46	52	12
<i>G. etunicatum</i>	27	4*	6
<i>S. heterogama</i>	0	2	0
<i>P. occultum</i>	3	0	2
<i>A. scrobiculata</i>	7	0*	1*
<i>A. mellea</i>	0	0	2
<i>A. spinosa</i>	0	0	1
<i>A. longula</i>	3	0	1

(*) representa que houve significância de 10m *S. virgata* pelo teste de modelos mistos utilizando o programa R a $p < 0,05$

A porcentagem de colonização micorrízica das raízes que foram coletadas em campo variou entre 42 % e 76%, sendo que as plantas dos municípios de Macuco (PL3) e Santana da Vargem (PL7) tiveram ambas, taxa de 42%, por outro lado, as maiores taxas de colonização, ambas de 76%, foram obtidas nos municípios de Macuco (PL1) e Macaia (PL4).

3.2.3 Coinoculação de BFNNL e FMAs nas plantas de *Sesbania virgata*

A associação BFNNL + FMAs nos tratamentos inoculados com a estirpe BR 5401^T + FMAs, em plantas de *S. virgata*, mostrou que as espécies de

FMA: *A. spinosa* e *G. etunicatum* foram significativamente iguais aos tratamentos CN + FMA com inoculação dessas mesmas espécies de FMA. Os demais tratamentos BR 5401^T + FMA comparados aos CN + FMA foram inferiores. Porém, os tratamentos CN + *A. spinosa* CN + *G. etunicatum* obtiveram menor MSPA do que os tratamentos CN e as espécies de *A. scrobiculata*, *A. morrowiae* e *P. occultum*, isto mostra que estas FMA se associaram melhor com os tratamentos CN. Na análise, apenas entre os tratamentos de BR 5401^T + FMA e BR 5401^T + SI encontrou-se uma uniformidade no peso do MSPA, pois somente uma espécie de FMA foi inferior (Tabela 9).

O tratamento BR 5401^T + *A. morrowiae* apresentou MSPA inferior ao tratamento CN+ *A. morrowiae*. Esta espécie foi encontrada em maior número de esporos nas amostras de solos coletadas em pastagens com presença de *S. virgata*. Nos tratamentos que continham baixa quantidade de N mineral e que houve somente a inoculação com os FMA, verifica-se que a maioria das espécies de FMA, exceto *A. spinosa*, contribuiu para o crescimento vegetal.

Tabela 9 Matéria seca da parte aérea em gramas do experimento de simbiose tripartite entre BFNNL, FMAs e *S. virgata*

Matéria Seca da Parte Aérea MSPA (g) de <i>Sesbania virgata</i>							
Tratamentos	Espécies de FMAs						SI
	A. <i>scrobiculata</i>	A. <i>morrowiae</i>	A. <i>spinosa</i>	P. <i>occultum</i>	G. <i>etunicatum</i>	S. <i>heterogama</i>	
BR 5401 ^T	0,80 A b	0,81 A b	0,85 A a	0,81 A b	0,79 A a	0,62 B b	0,75 A b
ORS 571 ^T	0,21 C d	0,87 A b	0,82 A a	0,56 B c	0,23 C c	0,22 C d	0,91 A a
CN	1,12 A a	1,05 A a	0,88 B a	1,03 A a	0,89 B a	0,85 B a	0,95 B a
SN	0,37 A c	0,48 A c	0,20 B b	0,38 A d	0,36 A b	0,41 A c	0,40 A c

Médias em triplicatas, e quando seguidas pela mesma letra (minúscula na mesma coluna ou maiúscula na mesma linha) não apresentam diferença estatística (teste de Scott-Knott, $p < 0.05$). SI são os tratamentos sem inoculação de FMAs

3.2.4 Análise de componentes principais (ACP)

A ACP foi realizada com o objetivo de verificar a influência da ocorrência da espécie *Sesbania virgata* sobre alguns atributos químicos do solo e relacioná-la com a ocorrência de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL) mais eficientes. A ACP realizada com dados obtidos na camada de 0-10 cm de profundidade do solo mostrou que as duas primeiras componentes explicaram 96,9% da variabilidade total dos dados, dos quais 88,2% foi explicado pela componente principal 1 (CP1) e 8,7%, pela componente principal 2 (CP2) (figura 3). PC1 foi diretamente relacionada com o Al (0,82). As variáveis MO (-0,70) e o N (-0,47) foram inversamente relacionadas com PC1. O pH, K, Fe, Mn e o P não apresentaram relacionadas na CP1 (autovalores $< \pm 0,4$) (figura 3). Os atributos K (-0,45), MO (-0,67) e N (-0,80) foram inversamente relacionados com PC2. Al, Fe, Mn, P e pH não se apresentaram relacionadas com PC2 (autovalores $< \pm 0,4$) (figura 3).

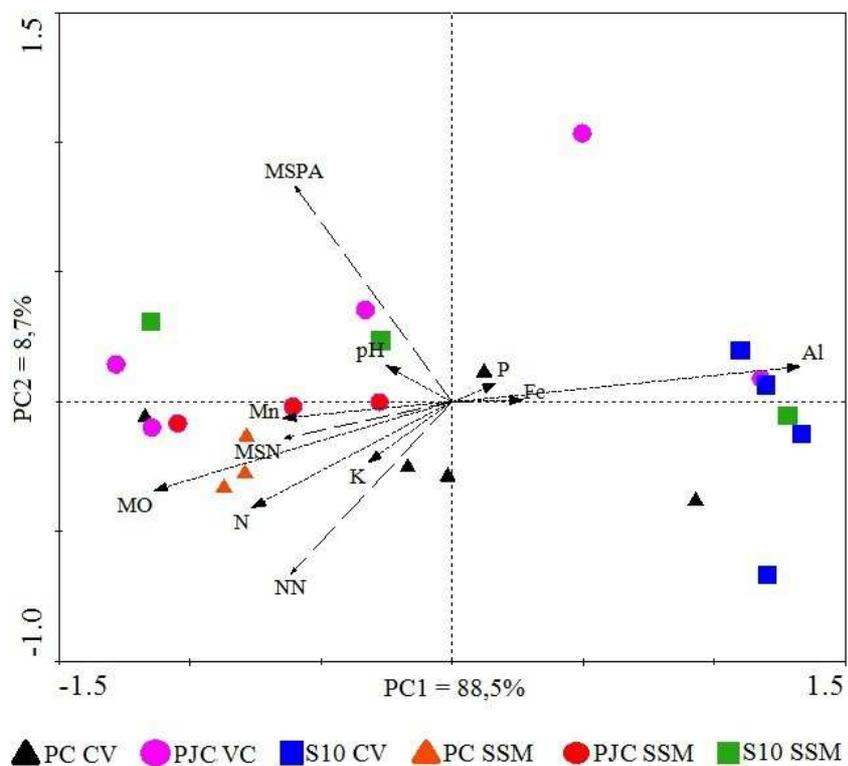


Figura 3 Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) da *S. virgata* e atributos químicos do solo de amostras coletadas na profundidade 0-10 cm e atributos biológicos. As siglas PC (próximo ao caule), PJC (projeção da copa) e S10 (10 m) são as distâncias em relação a *S. virgata*, e as Mesorregiões estudadas CV (Campo das Vertentes) e SSM (Sul e Sudoeste de Minas Gerais)

A ACP realizada com dados obtidos na camada de 10-20 cm de profundidade do solo mostrou que as duas primeiras componentes explicaram 97,4% da variância total dos dados, sendo que 95,2% foram explicados pela componente principal 1 (PC1) e 2,2% pela componente principal 2 (PC2) (figura 4). PC1 foi diretamente relacionada com o Al (0,72). O pH (-0,44) foi relacionado de maneira inversa com PC1. O K, MO, Fe, Mn, P e N não apresentaram relacionadas na PC1 (autovalores $< \pm 0,4$) (figura 4). Em PC2 a MO (0,67) apresentou relação direta, o mesmo ocorreu com N (0,49). O Fe (-0,49) foi inversamente relacionado em PC2. Não apresentaram relação na PC2 (autovalores $< \pm 0,4$) o pH, K, Al, Mn e P.

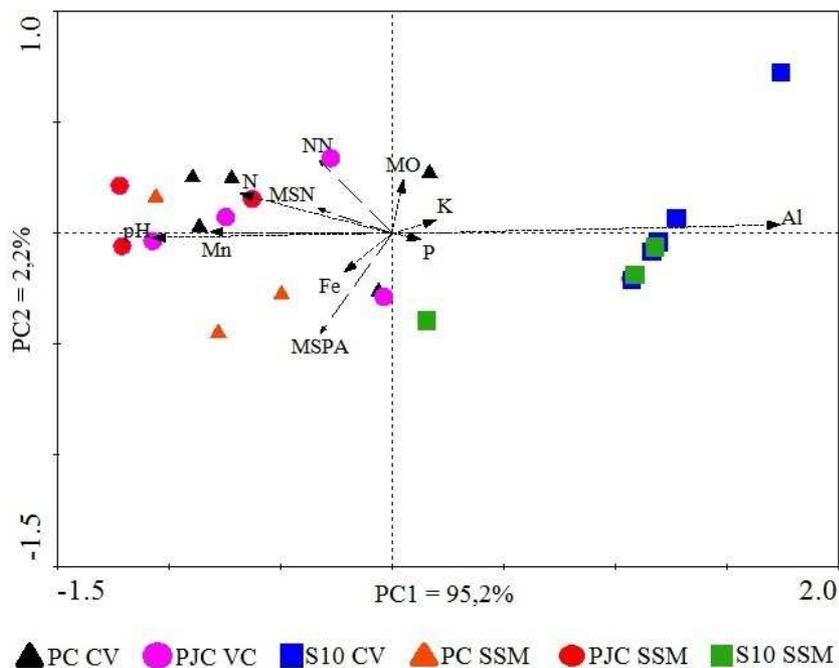


Figura 4 Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) da *S. virgata* e atributos químicos do solo de amostras coletadas na profundidade 10-20 cm e atributos biológicos. As siglas PC (próximo ao caule), PJC (projeção da copa) e S10 (10 m) são as distâncias em relação a *S. virgata*, e as Mesorregiões estudadas CV (Campo das Vertentes) e SSM (Sul e Sudoeste de Minas Gerais)

Considerando a profundidade de 0-10 cm do solo, pode-se observar uma segregação dos pontos conforme a distância dos pontos de coleta em relação à *Sesbania virgata*. Os pontos coletados junto ao caule e na projeção da copa, se encontraram mais agrupados e relacionados principalmente com os teores de N e MO nas Mesorregiões SSM e CV. Estes resultados mostram que a leguminosa *S. virgata* pode melhorar a qualidade do solo ao seu redor em maiores concentrações de N e MO. Ainda considerando a profundidade 0-10 cm, verifica-se que a proximidade da leguminosa *S. virgata* favorece a existência de uma comunidade de bactérias (FLORENTINO et al., 2009), os resultados encontrados evidenciam que medidas de eficiência como NN e MSN estão associadas com a proximidade de *S. virgata* (figura 3).

Ao considerar a profundidade 10-20 cm do solo, o que se observa é que houve um agrupamento dos pontos PC e PJC em relação ao pH do solo nas duas Mesorregiões. Por outro lado, as amostras coletadas em S10 se agruparam com o Al, mostrando que a proximidade de *S. virgata* diminui as concentrações em Al. Estes resultados mostram que esta leguminosa tem a capacidade de melhorar a qualidade do solo em torno de si. (figura 4).

4 DISCUSSÃO

4.1 Atributos físicos e químicos do solo e das plantas

As análises químicas do solo das amostras de 2010 mostraram que o nitrogênio e o potássio sofreram alterações nas concentrações dos nutrientes do solo em relação à distância (PC, PJC e S10) em relação a *S. virgata*. A maior concentração de N total no solo próximo a *S. virgata*, ou seja, em PC e PJC

comparando a S10 pode ter ocorrido em virtude de uma comunidade microbiana no solo mais eficiente próxima a esta espécie, estudos anteriores mostram que nas amostras de solo coletadas próximo à *S. virgata*, ocorre grande diversidade de BFNNL nativas na rizosfera do solo e que esta espécie favorece a ocorrência de *Azorhizobium doebereinae* (FLORENTINO et al., 2009). Por outro lado, deve-se ressaltar que os solos estudados são provenientes de ambientes com deposição de restos de construção civil, de excrementos de animais e lixo. Quando a análise foi feita nas Mesorregiões SSM e CV, o potássio não apresentou significância em nenhuma delas, mas sim o fósforo para a primeira e o manganês e o nitrogênio total para a segunda Mesorregião, respectivamente. Esta diferença pode ter ocorrido em virtude das características intrínsecas de cada ambiente, e os constituintes químicos e biológicos destes. A implantação de leguminosas arbóreas têm apresentado resultados significativos em estudos de recuperação de solos degradados (BALIEIRO et al., 2001; TRANNIN et al., 2001; COUTINHO et al., 2005), pois estas se desenvolvem em solos de baixa fertilidade e em solos úmidos e/ou alagados.

A espécie em estudo, *S. virgata*, foi encontrada em solos com baixíssimas concentrações de Al^{3+} . Neste estudo, a ACP mostrou que as concentrações de Al foram maiores nas amostras de solo à distância de 10 m em relação a *S. virgata*, isto pode ser uma característica da espécie, visto que em outros trabalhos espécies de *Sesbania* sp. Estabeleceram-se em solos com baixo teor de alumínio. Estudo conduzido por BALA et al. (2003) com a espécie *S. sesban*, conclui que o número de BFNNL foi altamente relacionado com a acidez do solo, quanto maior a acidez, menor ou inexistente o número de nódulos (NN), a estirpe BR 5401^T de *A. doebereinae*, mostrou sensibilidade à acidez, em testes com diferentes concentrações de pH, esta estirpe não

apresentou crescimento em pH menor que 6.0 (Florentino et al., 2012). Neste trabalho, a partir da análise de componentes principais (ACP), observamos que o teor de Al diminuiu à medida que se aproxima de *S. virgata* (figura 4).

As análises das amostras de solos deste estudo, mostram altos níveis de alguns micronutrientes (apêndice A), estes altos níveis estão em conformidade com resultados obtidos por BELI et al. (2005), onde obtiveram-se altos teores de Cu, Fe, Mn e Zn em solos de área degradada por lixo domiciliar, industrial e hospitalar. O bom desenvolvimento de mudas de *S. virgata* em substrato de resíduos industriais, sem adição de fertilizante, foi verificado por COUTINHO et al. (2006).

As médias dos níveis de nutrientes foliares em *S. virgata* estão em consonância com as médias de teores foliares desta mesma espécie em estudo desenvolvido por COUTINHO et al., (2005). Na avaliação do crescimento de mudas de *S. virgata*, em áreas degradadas por extração de argila, os resultados foram muito próximos, sendo as médias: 37,49 g kg⁻¹ de N, 2,90 g kg⁻¹ de P e 11,66 g kg⁻¹ de K (COUTINHO et al., 2005). O teor de N, presente nas folhas de *S. virgata*, nos diferentes trabalhos, corrobora a capacidade da espécie em fixar esse nutriente via biológica. *S. virgata* pode elevar os níveis de N e de outros nutrientes quando incorporada ao solo, o resultado disto seria a diminuição dos efeitos que a baixa disponibilidade de nutrientes causa no processo sucessional e produtivo.

Além disso, estudo com *S. virgata* apresenta esta espécie como uma excelente opção para ser utilizada para fitoestabilização de metais pesados em solos contaminados devido à alta tolerância por cobre (Cu), zinco (Zn) e cromo (Cr), o termo fitoestabilização representa a utilização de plantas para estabilizar os poluentes no solo, este estudo foi realizado com solos enriquecidos com estes

metais correspondentes aos níveis máximos encontrados na região dos Pampas da Argentina (BRANZINI et al., 2012). Em contrapartida, estudo realizado com solo contaminado com metais pesados por rejeitos da industrialização de zinco, mostrou que *S. virgata* foi muito sensível à contaminação com metais pesados inibindo o crescimento vegetativo e a nodulação (TRANNIN et al., 2001).

A espécie *Sesbania sesban* no continente africano, é utilizada em sistemas agroflorestais, onde é cultivada em faixas com a cultura do milho, e segundo MEKONNEN et al. (1999) *S. sesban*, em rotação com o milho, pode captar e reciclar nitrato do solo, esta mesma espécie é utilizada em pousio para aumentar o nitrogênio (N) disponível no solo para culturas subsequentes em regiões da África Oriental e Central e também é fornecedora de lenha e forragem animal (KWESIGA & COE, 1994; WOODWARD & REED, 1997; PHIRI et al., 2003). Já *Sesbania rostrata* é amplamente utilizada como adubo verde em lavouras de arroz irrigado na África e na Ásia, devido à capacidade desta espécie em resistir à saturação do solo e alagamentos, e em tolerar a salinidade do solo (REDDY et al., 2002). Quando a fitomassa é incorporada ao solo, outras espécies também são favorecidas sendo elas introduzidas ou quando se manifestam de maneira espontânea.

A avaliação nutricional de mudas de *S. virgata* conclui que, quando as mudas foram inoculadas com FMAs, aumentou a concentração dos seguintes nutrientes: N, P, Ca, Mg, Mn e Zn, melhorando assim a estado nutricional das mudas (SCHIAVO et al., 2009). LUPWAYI & HAQUE (1998) em seu trabalho mostraram que folhas de espécies de *Sesbania* e espécies de *Leucena* podem ser importantes fontes de N, K e Mg, mas provavelmente fontes insignificantes de P e Ca para produção de forragens e alimentos.

A serapilheira ao redor de *S. virgata* apresentou teores de N significativamente diferente do que a 10 metros de distância desta planta, demonstrando que a leguminosa, em estudo, tem capacidade de melhorar a nutrição em N na serapilheira ao seu redor, contribuindo para uma melhor qualidade do solo.

4.2 Atributos microbiológicos

4.2.1 Bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL)

Como observado nos resultados da tabela 7, algumas populações de BFNNL presentes nas suspensões de solos, foram mais eficientes que a estirpe inoculante BR 5401^T, isto se deve ao fato que esta espécie favorece a ocorrência de seu microsimbionte, *Azorhizobium doebereinae*, próximo ao seu sistema radicular (FLORENTINO & MOREIRA, 2009; FLORENTINO et al., 2009) e os tratamentos inoculados com suspensões de solos coletadas próximo ao caule (PC) e na projeção da copa (PJC) de *S. virgata*, foram os que nodularam eficientemente a ACP. Verificou que pontos de medidas de eficiência simbiótica como NN e MSN estiveram associadas a proximidade de *S. virgata* (figura 3). Em estudo sobre as características simbióticas e fenotípicas de *S. virgata* com seu microsimbionte *A. doebereinae*, conclui-se que a manifestação deste em ecossistemas do Sul de Minas Gerais está diretamente correlacionada com a presença de *S. virgata* (FLORENTINO & MOREIRA, 2009). Assim como em *S. virgata*, estudo com outra espécie, *S. sesban* e populações nativas de BFNNL, verificou que esta espécie forma simbiose

apenas com uma restrita faixa de microssimbiontes presentes em poucos solos e que a simbiose é sempre eficiente. (BALA et al., 2003). *Sesbania punicea* também parece ser uma espécie altamente específica em sua simbiose com BFNNL, dados sugerem que *S. punicea* pode nodular apenas com *Mesorhizobium plurifarium* (VINUESA et al., 2005; CUMMINGS et al., 2009).

A eficiente simbiose entre plantas de *S. virgata* e estirpes de *Azorhizobium doebereineriae* (GONÇALVES & MOREIRA, 2004; MOREIRA et al., 2006; FLORENTINO & MOREIRA, 2009) não inibe a ocorrência de uma grande diversidade de outras BFNNL que se comportam como saprófitas, pois não são capazes de nodular *S. virgata*, isto foi observado quando em estudo com amostras de solos coletadas próximas ao caule de *S. virgata* e inoculadas em *Macropitilium atropurpureum* (siratro), uma vasta diversidade de BFNNL foi encontrada (FLORENTINO et al., 2009). Estudo subsequente com isolados de BFNNL obtidos de amostras de solo próximas a *S. virgata* demonstrou alto potencial em fixar N₂ em simbiose com o caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (FLORENTINO et al., 2010).

Sendo objeto deste estudo a análise entre os atributos químicos e a ocorrência das BFNNL nas amostras dos solos coletados próximos ao caule de *S. virgata*, verificou-se que os teores de nitrogênio e o potássio de acordo com a análise de modelos mistos, o primeiro apresentando significância a um nível de probabilidade de 0,01 e o segundo, uma probabilidade de 0,05, apresentam em maior teor nas amostras coletadas próximas ao caule de *S. virgata*, tabela 2. A análise de componentes principais (ACP) mostrou que correlação positiva entre NN e MSPA com as amostras próximas a *S. virgata*.

4.2.2 Densidade e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas amostras de solos e colonização de FMAs nas raízes de *Sesbania virgata*

A densidade e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares, encontradas neste estudo, esta em consonância com estudos de espécies de FMAs de maior distribuição geográfica no Brasil, sendo que as espécies dos gêneros *Acaulospora*, *Glomus* e *Paraglomus*, encontradas nas amostras de solos PC, PJC e S10 de *S. virgata*, estão entre as espécies com maior distribuição geográfica no Brasil (de SOUZA et al., 2010). A espécie *A. morrowiae*, encontrada em maior densidade nas amostras coletadas para este estudo, está entre as espécies com maior amplitude de ocorrência. (de SOUZA et al., 2010). O estudo com resíduos de áreas de mineração de bauxita revegetada com espécies arbóreas entre elas *S. virgata* encontrou o gênero *Acaulospora* em maior densidade, presente com quatro espécies, seguido pelo gênero *Glomus* com duas espécies (CAPRONI et al., 2007).

SIQUEIRA et al. (1989) observaram que esporos das espécies do gênero *Acaulospora* tenderam a ocorrer com maior frequência em solos com pH menor que 6,5 e muitas das espécies de *Glomus* sp. se mostraram pouco tolerantes à acidez elevada e baixo teor de fósforo, o primeiro gênero, citado neste trabalho, apresentou maior diversidade de densidade de esporos recuperados do solo, sendo que as amostras dos solos estudados apresentam pH na faixa de 5,5 -7,0 e baixos teores de Al^{3+} (apêndice A). Deve-se ter cuidado com a interpretação da diversidade de FMAs, através da contagem de esporos recuperados do campo, pois esta não captura espécies crípticas de FMAs que não estavam na época de amostragem (BAGYARAJ & STÜRMER, 2010). A produção de esporos por uma determinada espécie pode variar com o estágio de

desenvolvimento da planta hospedeira (GEMMA et al., 1989). As características edáficas, cobertura vegetal e a disseminação dos propágulos interferem nas populações de FMAs, assim como a umidade que favorece o crescimento das plantas, isto é, próximo à capacidade de campo do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006), é um fator que pode favorecer a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos, nas plantas com maior percentagem de colonização micorrízica (CM) encontrou-se baixo número de esporos.

O maior percentual de colonização micorrízica (CM) ocorreu nas raízes da planta do município de Macaia (PL4) que em densidade de esporos foi a que apresentou menor número. Esse comportamento pode ter se dado pelo fato de não haver uma relação direta entre o número de esporos e a taxa de CM. A taxa de germinação dos esporos é de fundamental importância para tal comportamento, pois se pode ter um grande número de esporos e estes possuem baixa taxa de germinação, por consequência haveria baixa percentagem de CM (SMITH & READ, 1997). Além disso, outras estruturas como hifas e micélio podem contribuir para o maior percentual de colonização.

A percentagem de CM, avaliada em estudos anteriores com *S. virgata*, revela que esta espécie pode obter taxa de CM de até 90% quando inoculada com isolados provenientes de áreas de serra após a mineração de bauxita no município de Poços de Caldas, MG (SANTOS et al., 2008). MOREIRA et al. (2010) verificou que a CM influenciou de forma positiva na nodulação *S. virgata*. Não foram encontrados trabalhos indicando a ocorrência de FMAs em *S. virgata* em amostras de solos coletadas em campo

4.2.3 Coinoculação de BFNNL e FMAs nas plantas de *Sesbania virgata*

A coinoculação BR 5401^T + FMAs em plantas de *S. virgata* apresentou uma uniformidade nos tratamentos na avaliação da MSPA, ou seja, as diferentes espécies de FMAs contribuíram para o crescimento de *S. virgata*, por outro lado não se encontrou diferença significativa no peso da MSPA no tratamento com inoculação apenas da estirpe tipo BR 5401^T em *S. virgata*, isto pode ter se dado em virtude da alta eficiência deste microssimbionte com esta espécie (GONÇALVES & MOREIRA, 2004; FLORENTINO & MOREIRA, 2009; FLORENTINO et al., 2009). A espécie *S. heterogama* foi a única que obteve menor rendimento nos tratamentos BR 5401^T + FMAs inoculados em *S. virgata*. Isto ocorre porque algumas combinações entre os microssimbiontes e a planta são mais eficazes em estimular o crescimento do que outras, fazendo-se necessário, assim, o estudo na busca da melhor interação. Estudo com espécies arbóreas também encontraram este tipo de variação (POUYÚ-ROJAS et al., 2006) pois, a eficiência dos FMAs no crescimento de plantas pode variar com o isolado que a coloniza.

A inoculação de BFNNL e FMAs em *S. virgata* e *Eucalyptus grandis* proporcionou a estas plantas maior teor e conteúdo de fósforo (P) e nitrogênio (N), *S. virgata* transferiu N fixado biologicamente as plantas de eucalipto, este consórcio proporcionou benefícios mútuo para as espécies (RODRIGUES et al., 2003). A dupla inoculação BFNNL + FMAs, quando comparada a inoculação destes microssimbiontes isoladamente, aumentou o crescimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (MOREIRA et al., 2010).

Em estudo com mudas de *S. virgata* inoculadas com BFNNL e FMAs + BFNNL, a associação BFNNL e FMAs apresentou teores foliar de nitrogênio aproximadamente de 27 g Kg⁻¹. (RODRIGUES, 2001) valor este, próximo dos

valores encontrados nas amostras coletadas em campo do presente estudo, o que indica uma boa correlação BFNNL e FMAs e eficiência da fixação biológica de nitrogênio em *S. virgata*.

5. Conclusões

A ocorrência de *Azorhizobium doebereinae* nas amostras de solo nas diferentes distâncias e profundidades em relação a *S. virgata* teve distribuição desuniforme em relação aos FMAs, porém, *Azorhizobium doebereinae* foi estimulado pela proximidade de *S. virgata*.

Quatro diferentes gêneros de FMAs foram encontrados nas amostras de solo coletadas em campo, cuja densidade de esporos decresce na seguinte ordem: *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus* e *Scutellospora*. Não foi observada relação entre a densidade e diversidade de FMAs nos diferentes pontos de coleta de amostras de solo.

A relação destes microssimbiontes com os atributos químicos do solo se mostrou significativamente positiva com o N total do solo e com os teores K^+ e negativa com o Al^{3+} .

O efeito da coinoculação BFNNL + FMAs promoveu o aumento da matéria seca em *S. virgata*. Por outro lado, os tratamentos com *Azorhizobium doebereinae* e FMAs apresentaram uniformidade na matéria seca da parte aérea, não diferindo de forma significativa dos tratamentos desse microssimbionte sem inoculação de MAs.

As análises foliares em *S. virgata* mostraram alto teor de N nas folhas, assim como na serapilheira ao redor de *S. virgata*.

REFERÊNCIAS

- BAGYARAJ, J. D.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). In MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J. & BIGNELL, D. E. eds. **Manual de Biologia dos Solos Tropicais amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras, Editora UFLA, 2010. p. 206.
- BALA, A.; MURPHY, P. J.; OSUNDE, A. O. & GILLER, K. E.. Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils. **Applied Soil Ecology** v.22, p.211–223, 2003.
- BALIEIRO, F. C. de; OLIVEIRA, I. G. de & DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: Resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n.2, p.183-191, 2001.
- BELI, E.; NALDONI, C. E. P.; OLIVEIRA, A. C.; SALES, M. R.; SIQUEIRA, M. S. M. de; MEDEIROS, G. A. de; HUSSAR, G. J. & REIS, F. A. G. V. Recuperação da área degradada pelo lixão Areia Branca de Espírito Santo do Pinhal – SP. **Eng. ambient.** - Espírito Santo do Pinhal, v.2, n.1, p.135-148, 2005.
- BOUYOUCOS, G J. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils.**Soil Science**, v.23, p.343–349, 1927.
- BRAGGIO, M. M.; LIMA, M. E. L.; VEASEY, E. A. & HARAGUCHI, M. Atividades farmacológicas das folhas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Arquivo do Instituto de Biologia**, v. 69, n.4, p. 49-53, 2002.
- BRANZINI, A.; GONZÁLEZ, R. S. & ZUBILLAGA, M. Absorption and translocation of copper, zinc and chromium by *Sesbania virgata*. **Journal of Environmental Management**, v.102, p. 50-54, 2012.
- BREMMER, J. M. & MULVANEY, R. L. Nitrogen total. In: PAGE, A. L. eds. Methods of soil Analysis. Madison, **American Society of Agronomy**, 1982. p.595-624.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; GRANHA, J. R. D. de O. & SOUCHIE, E. L. Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares em resíduo da mineração de bauxita revegetado com espécies arbóreas. **Acta bot. bras.** v. 21, n. 1, p. 99-106. 2007.

COUTINHO, M. P.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; MENDONÇA, A. V. R. & NOVAES, A. B. de. Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Plantas em uma área degradada por extração de argila. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n.2, 2005.

COUTINHO, M. P.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; SIQUEIRA, J. Substratos de cavas de extração de argila e enriquecido com subprodutos agroindustriais e urbanos para produção de mudas de sesbânia. **Revista Árvore**, v.30, n. 1, p.147-153, 2006.

CUMMINGS, S. P.; GYANESHWAR, P.; VINUESA, P.; FARRUGGIA, F. T.; ANDREWS, M.; HUMPHRY, D.; ELLIOTT, G. N.; NELSON, A.; ORR, C.; PETTITT, D.; SHAH, G. R.; SANTOS, S. R.; KRISHNAN, H. B.; ODEE, D.; MOREIRA, F. M. S.; SPRENT, J. I.; YOUNG, J. P. W. & James, E. K. Nodulation of *Sesbania* species by *Rhizobium* (*Agrobacterium*) strain IRBG74 and other rhizobia. **Environmental Microbiology**, p. 2510-2525, 2009.

DE CARVALHO, T. S. & MOREIRA, F. M. S. Simbioses Tripartites: Leguminosas, Fungos Micorrízicos e Bactérias Fixadoras de Nitrogênio Nodulíferas. In SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A. DE; CARDOSO, E. J. B. N. & TSAI, S. M. eds. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras, Editora UFLA, 2010. p.393-413.

DE SOUZA, F. A.; STÜRMER, S. L.; CARRENHO, R. & TRUFEM, S. F. B. Classificação Taxonomica de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A. DE; CARDOSO, E. J. B. N. & TSAI, S. M. eds. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras, Editora UFLA, 2010. p.15-73.

DREYFUS, B.; GARCIA, J. L. & GILLIS, M.. Characterization of *Azorhizobium caulinodans* gen. nov., sp. Nov., a stem-nodulating Nitrogen-

Fixing Bacterium Isolated from *Sesbania rostrata*: **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 38, n. 1, p.89-98, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, **Ministério da Agricultura**, 1997. 212p. (NÃO CITADO NO TEXTO)

FARIA, S. M. & MELO, R. B. Obtenção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para estirpes florestais. Seropédica: **EMBRAPA Agrobiologia**, 1998. p. 1-4 (Recomendação Técnica, n. 3)

FERREIRA, D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR Versão 4.3)**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003.

FLORENTINO, L. A. & MOREIRA, F. M. S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereineriae*, microssimbionte de *Sesbania virgata*. **Revista Árvore**, v.33, p. 215–226, 2009.

FLORENTINO, L. A.; GUIMARÃES, A. P.; RUFINI, M.; da SILVA, K. & MOREIRA, F.M.S. *Sesbania virgata* stimulates the occurrence of its microsymbiont in soils but does not inhibit microsymbionts of other species. **Scientia Agricola**, v. 66, p.667–676, 2009.

FLORENTINO, L. A.; SOUSA, P. M.; SILVA, J. S.; SILVA, K. B. & MOREIRA, F. M. S. Diversity and efficiency of *Bradyrhizobium* strains isolated from soil samples collected from around *Sesbania virgata* roots using cowpea as trap species. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1113-1123, 2010.

GEMMA, J. N.; KOSKE, R.E. & CARREIRO, M. Seasonal dynamics of selected species of VA mycorrhizal fungi in a sand dune. **Mycorrhizal Research**, v. 92, p. 317-321, 1989.

GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular, mycorrhizal infection in roots. **The New Phytologist**, London, v. 84, p. 489-500, 1980.

GONÇALVES, M. & MOREIRA, F. M. S. Specificity of the legume *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. and its nodule isolates *Azorhizobium johannae* with other legume hosts and Rhizobia. **Symbiosis**, v. 36, p. 57–68, 2004.

KWESIGA, F. & COE, R. The effect of short-rotation *Sesbania-sesban* planted fallows on maize yield. **Forest Ecol. Manag.** v. 64, p.199–208, 1994.

LUPWAYI, N. Z. & HAQUE, I. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from *Sesbania* and *Leucaena* leaves varying in chemical composition. **Soil Biol. Biochem.** v.30, n. 3, p. 337-343, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. eds. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MEKONNEN, K.; BURESH, R. J.; COE, R. & KIPLETING, K. M. Root length and nitrate under *Sesbania sesban*: Vertical and horizontal distribution and variability. **Agroforestry Systems**, v. 42, p. 265–282, 1999.

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

MOREIRA, F. M. S.; CRUZ, L.; de FARIA, S. M.; MARSH, T.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; PEDROSA, F. O.; PITARD, R. M. & YOUNG, J. P. W. *Azorhizobium doebereineriae* sp. nov. microsymbiont of *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. **Systematic and Applied Microbiology**, v.29, p.197–206, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; FARIA, S. M.; BALIEIRO, F. C. & FLORENTINO, L. A. Bactérias fixadoras de N₂ e fungos micorrízicos arbusculares em espécies florestais: avanços e aplicações biotecnológicas. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P. (Org.). **Biotecnologia aplicada a agricultura**. Recife: Embrapa/IPA, 2010. p. 439-477.

MOREIRA, F. M. S.; DE CARVALHO, T. S.; SIQUEIRA, J. O. Effect of fertilizers, lime, and inoculation with rhizobia and mycorrhizal fungi on the growth of four leguminous tree species in a low-fertility soil. **Biol Fertil Soils**, v. 46, p.771–779, 2010.

PHIRI, E.; VERPLANCKE, H.; KWESIGA, F. & MAFONGOYA, P. Water balance and maize yield following improved sesbania fallow in eastern Zambia. **Agroforest. Syst.**, v. 59, p. 197–205, 2003.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. Mixed-effects models in S and S-PLUS. New York: **Springer - Verlag**, p.528, 2000.

POTT, A. & POTT, V.J. Plantas do Pantanal. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal – Corumbá, Ms: Embrapa-Spi**, p.179,1994.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O. & SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.413-424, 2006.

REDDY, P. M.; JAMES, E. K. & LADHA, J. K. Nitrogen Fixation in Rice. **Elsevier Science B.V.** All rights reserved, p. 421-445, 2002.

RIBEIRO, A. C. et al. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa:MG, Embrapa/UFV/SBCS, 1999. Cap.5, p.25–32.

RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A. & SALOMÃO, M. S. M. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia.II – Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 593-599, 2003.

RODRIGUES, L. A. **Crescimento e absorção de nutrientes por plantas de Eucalyptus grandis e leguminosas em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio**. Campos dos Goytacazes, RJ. 2001. 101p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense.

SANTOS, J. G. D.; SIQUEIRA, J. O. & MOREIRA, F. S. M. Eficiência de Fungos Micorrízicos Arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 141-150, 2008.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. & RODRIGUES, L. A.. Avaliação nutricional de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava de extração de argila. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 701-707, 2009.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI FILHO, A. & OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n.12, p. 1499-1506, 1989.

SMITH, S. E. & READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1997. p.605.

SOUZA, V. C.; ANDRADE, L. A.; BEZERRA, F. T. C.; FABRICANTE, J. R. & FEITOSA, R. C. Avaliação populacional de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae Lindl.), nas margens do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 314-320, 2011.

TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. Crescimento e nodulação de *Acacia mangium*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Sesbania virgata* em solo contaminado com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 743-753, 2001.

TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, n. 67, p.1167-1179, 1986.

VINUESA, P.; SILVA, C.; LORITE, M. J.; IZAGUIRRE-MAYORAL, M. L.; BEDMAR, E. J. & MARTÍNEZ-ROMERO, E. Molecular systematics of rhizobia based on maximum likelihood and Bayesian phylogenies inferred from *rrs*, *atpD*, *recA* and *nifH* sequences, and their use in the classification of

Sesbania microsymbionts from Venezuelan wetlands. **Syst Appl Microbiol**, v. 28, p. 702–716, 2005.

WOODWARD, A. & REED, J. D. Nitrogen metabolism of sheep and goats consuming *Acacia brevispica* and *Sesbania sesban*. **J. Anim. Sci.**, v. 75, p. 1130–1139, 1997.

APÊNDICE A

1 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Macuco (PL1) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	6,3	6,1	6,1	6,2	6,2	6,2
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	4	2	2,9	2,6	13,1	18,3
K	mg.dm ⁻³	39	27	28	30	76	58
Ca	cmol.dm ⁻³	3,8	2,6	2,2	2,2	3,4	2,7
Mg	cmol.dm ⁻³	0,2	0,2	0,2	0,2	1,3	1,1
Al	cmol.dm ⁻³	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
H+Al	cmol.dm ⁻³	1,1	2,1	2,1	1,9	2,1	2,3

... conclusão

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
SB	cmol.dm ⁻³	4,1	2,9	2,5	2,5	4,9	3,9
(t)	cmol.dm ⁻³	4,1	3	2,6	2,6	5	4
(T)	cmol.dm ⁻³	5,2	4,9	4,5	4,3	7	6,3
V	%	79,4	58	54,4	57,1	70,2	63
m	%	0	3,4	3,9	3,9	2	2,5
MO	dag.Kg ⁻¹	1,1	1,3	1,8	1,5	2,1	1,9
P-rem	mg.L ⁻¹	30,2	26,7	30,2	32,9	29,3	31,1
Zn	mg.L ⁻¹	1,4	0,7	1,4	1,6	2,5	3
Fe	mg.dm ⁻³	248,3	299,2	284,9	311,3	144	119
Mn	mg.dm ⁻³	32,1	24	26,7	29,9	22,1	15,8
Cu	mg.dm ⁻³	1,5	1,5	1,6	1,5	1,4	1
B	mg.dm ⁻³	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
S	mg.dm ⁻³	5,8	7,1	7,5	7,5	23,4	22,7

2 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Macuco (PL 2) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	5,9	5,9	5,8	5,6	5,9	5,7
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	1,5	1	1	1,8	1,2	1,2
K	mg.dm ⁻³	51	47	17	20	22	16
Ca	cmol.dm ⁻³	1,5	1,2	1,5	1,2	2,5	1,7
Mg	cmol.dm ⁻³	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Al	cmol.dm ⁻³	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
H+Al	cmol.dm ⁻³	2,6	2,3	2,3	2,9	2,6	2,9
SB	cmol.dm ⁻³	1,8	1,5	1,6	1,4	2,7	1,8
(t)	cmol.dm ⁻³	1,9	1,6	1,7	1,6	2,8	1,9

... conclusão

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
(T)	cmol.dm ⁻³	4,4	3,8	4	4,2	5,2	4,7
V	%	41,4	39,6	41,5	31,8	50,6	38,9
m	%	5,2	6,2	5,7	12,9	3,6	5,2
MO	dag.Kg ⁻¹	1,8	1,5	1,4	1,9	2,2	2,4
P-rem	mg.L ⁻¹	27,6	26,7	27,6	24,3	28,4	28,4
Zn	mg.L ⁻¹	0,8	0,5	0,7	1,1	1,5	0,8
Fe	mg.dm ⁻³	54,6	45,5	73,5	60,8	158,4	104,9
Mn	mg.dm ⁻³	9,1	6,1	11,2	9,3	22,3	12,7
Cu	mg.dm ⁻³	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,3
B	mg.dm ⁻³	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
S	mg.dm ⁻³	8,9	9,8	10,8	9,8	8,4	4,1

3 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Macuco (PL 3) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	6,1	6,3	6,4	7	6,9	6,8
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	2,6	2	3,7	3,7	3,4	2,9
K	mg.dm ⁻³	103	62	90	78	72	37
Ca	cmol.dm ⁻³	3	1,5	1,6	3,6	1,7	1,6
Mg	cmol.dm ⁻³	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1
Al	cmol.dm ⁻³	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1
H+Al	cmol.dm ⁻³	2,3	1,7	1,5	0,9	1,3	1,3
SB	cmol.dm ⁻³	3,8	1,9	2,1	4	2,2	1,8
(t)	cmol.dm ⁻³	3,9	2	2,2	4	2,3	1,9

... conclusão

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10(10-20) ²
(T)	cmol.dm ⁻³	6,1	3,5	3,6	4,9	3,5	3,1
V	%	61,9	52,8	58,9	82,4	62,1	57,4
m	%	2,6	5,1	4,5	0	4,4	5,3
MO	dag.Kg ⁻¹	4,6	2	1,8	1,4	1,6	1,6
P-rem	mg.L ⁻¹	35,8	41,1	36,8	35,8	35,8	42,2
Zn	mg.L ⁻¹	2,2	0,9	1,7	1,1	1,9	1,8
Fe	mg.dcm ⁻³	116,3	113,2	104,2	102	189,2	191,1
Mn	mg.dcm ⁻³	28,3	21	16,8	26,4	20	21,1
Cu	mg.dcm ⁻³	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3
B	mg.dcm ⁻³	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
S	mg.dcm ⁻³	7,5	6,2	8,4	8,9	9,4	7,5

4 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC) de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Macaia (PL 4) em Dezembro de 2010

Distância em relação a *S. virgata* das amostras de solos coletadas em campo

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	6,6	6,6
P (Mehlich)	mg.dm ⁻³	5,2	4,3
K	mg.dm ⁻³	109	95
Ca	cmol.dm ⁻³	4,4	2,8
Mg	cmol.dm ⁻³	0,5	0,4
Al	cmol.dm ⁻³	0,1	0,1
H+Al	cmol.dm ⁻³	2,1	2,6
SB	cmol.dm ⁻³	5,2	3,4
(t)	cmol.dm ⁻³	5,3	3,5
(T)	cmol.dm ⁻³	7,3	6

...conclusão

Atributos químicos		PC (0-10)¹	PC (10-20)²
V	%	71,4	57,1
M	%	1,9	2,8
MO	dag.Kg ⁻¹	5,1	3,4
P-rem	mg.L ⁻¹	19,8	16
Zn	mg.L ⁻¹	4,4	2,3
Fe	mg.dcm ⁻³	116,6	132,8
Mn	mg.dcm ⁻³	51	29,6
Cu	mg.dcm ⁻³	1,3	1,2
B	mg.dcm ⁻³	0,2	0,2
S	mg.dcm ⁻³	8,4	9,4

5 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Ribeirão Vermelho (PL 5) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	6,2	5,5	5,7	5,6	5,7	5,8
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	2,9	1,8	1,8	1,5	6,5	5,2
K	mg.dm ⁻³	48	55	37	27	131	89
Ca	cmol.dm ⁻³	1,9	1,8	2	2,1	2,3	2,3
Mg	cmol.dm ⁻³	0,7	0,6	0,7	0,7	0,9	0,6
Al	cmol.dm ⁻³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
H+Al	cmol.dm ⁻³	2,1	2,6	2,3	2,6	3,2	2,9
SB	cmol.dm ⁻³	2,7	2,5	2,8	2,9	3,5	3,1
(t)	cmol.dm ⁻³	2,8	2,6	2,9	3	3,6	3,2

...conclusão

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
(T)	cmol.dm ⁻³	4,8	5,1	5,1	5,5	6,8	6
V	%	56,8	49,5	54,7	52,5	52,2	51,9
m	%	3,5	3,8	3,5	3,4	2,8	3,1
MO	dag.Kg ⁻¹	1,6	1,4	1,3	1,3	2,6	2
P-rem	mg.L ⁻¹	33,9	36,3	35,2	30,8	31,9	38,6
Zn	mg.L ⁻¹	2,7	2,2	2	2,4	4,1	3,6
Fe	mg.dcm ⁻³	430,4	375,6	499,6	463	302	250,7
Mn	mg.dcm ⁻³	78	59,2	70,4	72,5	72,5	56,2
Cu	mg.dcm ⁻³	3,8	5	5,2	5,2	3,5	3,1
B	mg.dcm ⁻³	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1
S	mg.dcm ⁻³	10,8	12,8	8	8,4	9,8	9,4

6 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Três Pontas (PL 6) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	5,7	6	6,2	6,1	6,4	6,2
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	1,2	0,4	1	0,7	0,7	0,4
K	mg.dm ⁻³	123	62	72	59	103	64
Ca	cmol.dm ⁻³	2,7	1,9	2,1	1,7	2,9	2,2
Mg	cmol.dm ⁻³	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0	0	0
H+Al	cmol.dm ⁻³	2,6	2,3	2,3	2,1	1,9	1,7
SB	cmol.dm ⁻³	3,5	2,4	2,6	2,1	3,5	2,6
(t)	cmol.dm ⁻³	3,5	2,4	2,6	2,1	3,5	2,6

...conclusão

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
(T)	cmol.dm ⁻³	6,1	4,7	4,9	4,1	5,3	4,2
V	%	57,6	50,4	52,7	49,7	65,1	60,7
m	%	0	0	0	0	0	0
MO	dag.Kg ⁻¹	3,7	2,2	2,7	3	2,5	1,6
P-rem	mg.L ⁻¹	16	14,1	17,1	16	9,8	15,6
Zn	mg.L ⁻¹	9	4,7	185,5	190,2	112,4	44,1
Fe	mg.dcm ⁻³	52,3	40,4	39,6	30	47	39,9
Mn	mg.dcm ⁻³	22,3	14,9	18,2	13,9	22,8	16,9
Cu	mg.dcm ⁻³	1,6	1,4	1,6	1,4	1,7	1,8
B	mg.dcm ⁻³	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1
S	mg.dcm ⁻³	8	8	8,4	10,8	9,4	9,4

7 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Santana da Vargem (PL 7) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	6,4	6,5	6,7	6,9	6,6	6,6
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	4,5	7,2	7,5	5,5	2	1,2
K	mg.dm ⁻³	80	64	81	62	90	114
Ca	cmol.dm ⁻³	5,2	5,7	5,5	5,2	5,4	5
Mg	cmol.dm ⁻³	0,6	0,6	0,6	0,5	1,3	0,9
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0	0	0
H+Al	cmol.dm ⁻³	1,5	1,5	1,3	1,5	2,3	2,6
SB	cmol.dm ⁻³	6	6,5	6,3	5,9	6,9	6,2
(t)	cmol.dm ⁻³	6	6,5	6,3	5,9	6,9	6,2

...conclusão

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
(T)	cmol.dm ⁻³	7,5	8	7,6	7,3	9,3	8,8
V	%	80,2	81,3	82,6	79,8	74,9	70,5
m	%	0	0	0	0	0	0
MO	dag.Kg-1	2,9	3	3	2,7	4,3	4,4
P-rem	mg.L-1	15,6	16	16,5	19,2	16	15,1
Zn	mg.L-1	6,3	5,5	6,5	5	4,8	4
Fe	mg.dcm ⁻³	98,4	108,9	102,4	101,5	110,3	117,7
Mn	mg.dcm-3	141	137,5	137	109	161	132,4
Cu	mg.dcm-3	6,2	6,7	7	6,3	9,6	8,4
B	mg.dcm-3	0,4	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2
S	mg.dcm-3	10,3	8	9,8	8,9	12,3	11,8

8 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Coqueiral (PL 8) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	6,3	6,2	6,1	5,9	5,9	6,1
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	4,9	4	4,9	4,9	2,6	2,9
K	mg.dm ⁻³	70	50	70	47	47	34
Ca	cmol.dm ⁻³	4,8	3,8	5,4	5,2	4,2	4,2
Mg	cmol.dm ⁻³	1	0,7	1,1	0,6	0,4	0,3
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0	0	0
H+Al	cmol.dm ⁻³	3,6	3,2	3,2	3,2	2,9	2,6
SB	cmol.dm ⁻³	6	4,6	6,7	5,9	4,7	4,6
(t)	cmol.dm ⁻³	6	4,6	6,7	5,9	4,7	4,6

...conclusão

Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
(T)	cmol.dm ⁻³	9,6	7,9	9,9	9,2	7,6	7,2
V	%	62,3	58,8	67,4	64,7	62	63,9
m	%	0	0	0	0	0	0
MO	dag.Kg ⁻¹	4,4	3,3	4,4	3	3	2,4
P-rem	mg.L ⁻¹	16	14,6	16,5	15,1	23,4	25,3
Zn	mg.L ⁻¹	6,1	9,5	15,5	16,4	8,6	7,9
Fe	mg.dcm ⁻³	280,8	182,3	252,5	192,4	208,7	155,8
Mn	mg.dcm ⁻³	53,8	35,9	61,9	56,1	53	44,5
Cu	mg.dcm ⁻³	3,4	4,1	4,3	12	3,7	5
B	mg.dcm ⁻³	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
S	mg.dcm ⁻³	10,3	8,9	12,8	8,9	10,8	9,8

9 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC), na projeção da copa (PJC) e a 10 metros (S10) de distância do caule de *Sesbania virgata* nas profundidades 0-10¹ e 10-20² cm da superfície do solo no município de Nepomuceno (PL 9) em Dezembro de 2010

		Distâncias em relação a <i>S. virgata</i> das amostras de solos coletadas em campo					
Atributos químicos		PC (0-10) ¹	PC (10-20) ²	PJC (0-10) ¹	PJC (10-20) ²	S10 (0-10) ¹	S10 (10-20) ²
pH	H ₂ O 1:2,5	5,9	6,1	6	6,2	6,1	6
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	3,7	3,4	6,5	5,2	2,3	1,2
K	mg.dm ⁻³	151	109	184	122	218	168
Ca	cmol.dm ⁻³	7,2	4,4	5,2	4,8	2,2	1,7
Mg	cmol.dm ⁻³	0,9	0,6	0,9	0,7	0,7	0,5
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0	0,1	0,1
H+Al	cmol.dm ⁻³	2,9	2,6	2,6	2,6	4	4,5
SB	cmol.dm ⁻³	8,5	5,3	6,6	5,8	3,5	2,6
(t)	cmol.dm ⁻³	8,5	5,3	6,6	5,8	3,6	2,7

...conclusão

Atributos químicos		PC (0-10)¹	PC (10-20)²	PJC (0-10)¹	PJC (10-20)²	S10 (0-10)¹	S10 (10-20)²
(T)	cmol.dm ⁻³	11,4	7,9	9,2	8,4	7,5	7,1
V	%	74,6	67,1	71,7	69,2	46,1	36,8
m	%	0	0	0	0	2,8	3,7
MO	dag.Kg ⁻¹	5,4	3,4	4,6	3,1	3,8	3,1
P-rem	mg.L ⁻¹	17,1	16,5	16	16	15,1	15,6
Zn	mg.L ⁻¹	9,5	6,3	8,2	4,9	1,4	0,7
Fe	mg.dcm ⁻³	157	124,1	130,9	109	117,4	80,5
Mn	mg.dcm ⁻³	86,4	72,3	56,9	41,6	8,1	4,9
Cu	mg.dcm ⁻³	4	3,9	3,6	2,7	2	1,7
B	mg.dcm ⁻³	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,1
S	mg.dcm ⁻³	15,4	13,3	17,1	11,3	12,3	12,3

APÊNDICE B

1 Macro e micronutrientes de folhas de *Brachiara* sp. na projeção da copa (PJC) e a 10 m de *Sesbania virgata* (S10) nos municípios estudados

Atributos químicos	Macuco (PL1)		Macuco (PL2)		Macuco (PL3)	
	PJC	S10	PJC	S10	PJC	S10
N	15	16	26	19	14	11
P	2,01	2,57	2,16	3,21	2,24	1,57
K	15,6	16,81	20,71	20,11	15,9	15
Ca	4,38	6,82	7,21	6,08	7,59	8,53
Mg	2,2	3,12	2,54	4,24	3,21	4,71
S	0,99	1,39	1,73	1,43	0,84	0,99
B	8,31	9,4	13,44	11,09	10,52	8,85
Fe	67,32	140,22	329,92	144,67	67,1	144,69
Mn	68,32	85,9	54,4	163,11	133,53	140,17
Zn	29,75	31,98	47,75	65,62	27,74	32,69
Cu	5,62	5,94	10,46	6,93	5,67	4,94

2 Macro e micronutrientes de folhas de *Brachiara* sp. na projeção da copa (PJC) e a 10 m de *Sesbania virgata* (S10) nos municípios estudados

Atributos químicos	Macaia (PL4)		Ribeirão Vermelho (PL5)		Três Pontas (PL6)	
	PJC	S10	PJC	S10	PJC	S10
N	15	-	18	13	12	12
P	2,24	-	2,32	1,29	1,93	1,64
K	14,7	-	21,61	15,6	15	20,41
Ca	5,39	-	6,19	7,07	5,87	8,78
Mg	2,46	-	2,62	3,15	2,48	3,27
S	0,91	-	1,3	0,71	0,81	1,18
B	8,85	-	7,78	9,96	9,4	8,85
Fe	105,63	-	120,68	374,15	95,2	386,82
Mn	52,33	-	55,19	109,7	107,9	68,4
Zn	23,42	-	28,53	22,33	52,6	25,41
Cu	5,43	-	6,9	6,76	5,79	6,16

3 Macro e micronutrientes de folhas de *Brachiara* sp. na projeção da copa (PJC) e a 10 m de *Sesbania virgata* (S10) nos municípios estudados

Atributos químicos	Santana da Vargem(PL7)		Coqueiral (PL8)		Nepomuceno (PL9)	
	PJC	S10	PJC	S10	PJC	S10
N	23	15	25	18	19	18
P	4,27	3,82	7,43	4,64	3,11	3,4
K	18,01	20,71	22,21	21,01	20,41	16,21
Ca	4,54	5,42	9,35	7,35	4,27	5,43
Mg	3,85	3,10	3,97	3,09	2,77	2,88
S	1,97	2,73	2,32	1,01	1,39	1,66
B	11,66	6,73	16,56	14,04	8,31	9,96
Fe	81,53	102,64	229,62	244,24	71,97	203,28
Mn	124,71	52,08	42,82	49,9	43,49	103,04
Zn	37,13	53,44	49,39	49,18	33,43	23,03
Cu	8,33	13,20	9,97	7,48	7,29	8,09

ANEXO A

1 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC) e a 10 metros (S10) de distância do caule de *Sesbania virgata* na profundidade 0-20 cm da superfície do solo no município de Lavras (LV) em Dezembro de 2008, foram amostradas três plantas (LV1, LV2, LV3)

		LV1		LV2		LV3	
Atributos químicos		PC	S10	PC	S10	PC	S10
pH	H ₂ O 1:2,5	7,5	7,7	6,5	5,6	6,9	5,7
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	5,5	1,7	0,6	0,4	2,0	1,2
K	mg.dm ⁻³	89	30	36	45	42	37
Ca	cmol.dm ⁻³	6,6	4,7	2,5	0,4	6,2	0,8
Mg	cmol.dm ⁻³	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0,3	0	0,7
H+Al	cmol.dm ⁻³	1,0	1,1	2,1	4,5	0,2	5,6
SB	cmol.dm ⁻³	7,0	4,9	2,8	6,0	7,5	1,0
(t)	cmol.dm ⁻³	7,0	4,9	2,8	0,9	7,5	1,7

...conclusão

Atributos químicos		PC	S10	PC	S10	PC	S10
(T)	cmol.dm ⁻³	8,0	6,0	4,9	5,1	8,4	6,6
V	%	87,5	81,6	57,1	12,1	8,3	15
m	%	0	0	0	33	0	41
MO	dag.Kg ⁻¹	3,1	2,9	2,9	3,7	3,6	3,4
P-rem	mg.L ⁻¹	12,5	12,9	6,0	4,5	21,7	5,6
Zn	mg.L ⁻¹	8,3	1,6	0,6	0,4	11,1	1,1
Fe	mg.dcm ⁻³	102,5	158,6	92,1	238,8	9,2	158,6
Mn	mg.dcm ⁻³	151,6	49,6	10,9	5,7	36,5	17,5
Cu	mg.dcm ⁻³	2,7	1,8	2,5	2,9	0,6	3,8
B	mg.dcm ⁻³	0,3	0,3	0,2	0,2	0	0,1
S	mg.dcm ⁻³	9,3	10,8	22,7	12,3	7,5	9,3

2 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC) e a 10 metros (S10) de distância do caule de *Sesbania virgata* na profundidade 0-20 cm da superfície do solo no município de Macuco (MA) em Dezembro de 2008, foram amostradas três plantas (MA1, MA2, MA3)

		MA1		MA2		MA3	
Atributos químicos		PC	S10	PC	S10	PC	S10
pH	H ₂ O 1:2,5	6,9	7,3	5,8	6,1	6,2	6,3
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	2,0	2,3	2,3	5,2	1,7	1,2
K	mg.dm ⁻³	36	37	41	73	58	27
Ca	cmol.dm ⁻³	7,5	7,5	1,9	1,9	2,0	1,3
Mg	cmol.dm ⁻³	0,2	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0	0	0
H+Al	cmol.dm ⁻³	0,8	0,9	1,5	1,2	1,3	1,2
SB	cmol.dm ⁻³	7,8	7,7	2,3	2,5	2,5	1,7
(t)	cmol.dm ⁻³	7,8	7,7	2,3	2,5	2,5	1,7

...conclusão

Atributos químicos		PC	S10	PC	S10	PC	S10
(T)	cmol.dm ⁻³	8,6	8,6	3,8	3,7	3,8	2,9
V	%	90,7	89,5	60,5	67,5	65,3	58,2
m	%	0	0	0	0	0	0
MO	dag.Kg ⁻¹	2,4	2,7	1,4	1,8	1,6	1,0
P-rem	mg.L ⁻¹	12,2	8,0	35,7	37,5	36,7	36,7
Zn	mg.L ⁻¹	8,9	8,2	4,5	1,9	0,7	0,4
Fe	mg.dcm ⁻³	24,3	27,5	175,1	66,2	240	248,4
Mn	mg.dcm ⁻³	34,2	52,7	29,2	18,5	29,5	21
Cu	mg.dcm ⁻³	1,3	1,6	1,4	1,6	1,4	1,1
B	mg.dcm ⁻³	0	0	0	0,1	0,1	0
S	mg.dcm ⁻³	9,8	10,8	9,3	8,4	8,9	9,3

3 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC) e a 10 metros (S10) de distância do caule de *Sesbania virgata* na profundidade 0-20 cm da superfície do solo no município de Itutinga (IT) em Dezembro de 2008, foram amostradas três plantas (IT1, IT2)

Atributos químicos		IT1		IT2	
		PC	S10	PC	S10
pH	H ₂ O 1:2,5	6,4	6,4	6,0	5,8
P (Mehlich)	mg.dm ⁻³	2,0	1,4	1,7	1,4
K	mg.dm ⁻³	36	67	117	94
Ca	cmol.dm ⁻³	2,2	2,7	1,8	1,0
Mg	cmol.dm ⁻³	0,2	0,3	0,4	0,4
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0,6
H+Al	cmol.dm ⁻³	1,1	1,5	1,7	2,1
SB	cmol.dm ⁻³	2,5	3,2	2,5	1,6
(t)	cmol.dm ⁻³	2,5	3,2	2,5	2,2

...conclusão

Atributos químicos		PC	S10	PC	S10
(T)	cmol.dm ⁻³	3,6	4,7	4,2	3,7
V	%	69,4	67,9	59,5	43,9
m	%	0	0	0	27
MO	dag.Kg ⁻¹	1,5	1,4	1,3	1,3
P-rem	mg.L ⁻¹	36,7	27,2	23,0	33,8
Zn	mg.L ⁻¹	1,8	2,6	1,3	0,8
Fe	mg.dcm ⁻³	45,3	208,2	612,2	77,7
Mn	mg.dcm ⁻³	15,8	50,8	23,4	18,2
Cu	mg.dcm ⁻³	1,5	2,6	2,6	0,8
B	mg.dcm ⁻³	0,2	0,1	0	0
S	mg.dcm ⁻³	9,3	8,4	7,1	8,0

4 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC) e a 10 metros (S10) de distância do caule de *Sesbania virgata* na profundidade 0-20 cm da superfície do solo no município de Ribeirão Vermelho (RV) em Dezembro de 2008, foram amostradas três plantas (RV1, RV2, RV3)

		RV1		RV2		RV3	
Atributos químicos		PC	S10	PC	S10	PC	S10
pH	H ₂ O 1:2,5	6,7	6,9	6,7	6,7	6,0	5,6
P							
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	3,4	1,7	1,4	1,4	0,4	1,2
K	mg.dm ⁻³	109	290	139	287	6,0	87
Ca	cmol.dm ⁻³	4,6	3,2	4,1	2,0	0,4	1,7
Mg	cmol.dm ⁻³	0,5	1,1	0,9	1,0	0,2	0,8
Al	cmol.dm ⁻³	0	0	0	0	0	0,3
H+Al	cmol.dm ⁻³	1,1	2,1	1,9	2,1	1,9	3,6
SB	cmol.dm ⁻³	5,4	5,0	5,4	3,7	0,6	2,7
(t)	cmol.dm ⁻³	5,4	5,0	5,4	3,7	0,6	3,0

...conclusão

Atributos químicos		PC	S10	PC	S10	PC	S10
(T)	cmol.dm ⁻³	6,5	7,1	7,3	5,8	2,5	6,3
V	%	83,0	70,6	73,8	64,0	24,6	43,0
m	%	0	0	0	0	0	10
MO	dag.Kg ⁻¹	2,2	3,4	3,6	3,0	0,1	1,8
P-rem	mg.L ⁻¹	18,3	26,4	23,0	18,3	1,0	17,4
Zn	mg.L ⁻¹	7,0	2,0	7,2	1,8	0,5	1,5
Fe	mg.dcm ⁻³	62,9	199,3	247,1	94,1	49,1	46,3
Mn	mg.dcm ⁻³	28,1	14,3	38,5	15,0	6,1	6,6
Cu	mg.dcm ⁻³	1,8	1,5	2,5	1,5	6,5	1,7
B	mg.dcm ⁻³	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,4
S	mg.dcm ⁻³	8,4	10,3	9,8	9,8	30,9	29,3

5 Análise química dos solos coletados próximos ao caule (PC) e a 10 metros (S10) de distância do caule de *Sesbania virgata* na profundidade 0-20 cm da superfície do solo no município de Nepomuceno (NE) em Dezembro de 2008, foram amostradas cinco plantas (NE1, NE2, NE3, NE4, NE5)

		NE1		NE2		NE3		NE4		NE5	
Atributos químicos		PC	S10								
pH	H ₂ O 1:2,5	6,0	5,3	5,6	5,8	6,8	6,8	6,6	7,7	5,8	6,0
P											
(Mehlich)	mg.dm ⁻³	1,4	1,2	1,2	1,2	5,8	1,7	1,2	1,7	0,4	0,9
K	mg.dm ⁻³	25	44	86	126	112	136	303	134	92	142
Ca	cmol.dm ⁻³	2,1	0,7	2,7	3,0	5,8	3,3	2,1	4,8	0,6	1,0
Mg	cmol.dm ⁻³	0,3	0,2	0,4	0,7	1,2	0,7	0,3	0,3	0,2	0,2
Al	cmol.dm ⁻³	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0,7	0
H+Al	cmol.dm ⁻³	3,2	5,0	2,6	2,9	1,3	1,3	2,3	0,9	4,0	2,3
SB	cmol.dm ⁻³	2,5	1,0	3,3	4,0	7,3	4,3	3,2	5,4	1,0	1,6
(t)	cmol.dm ⁻³	2,5	1,8	3,3	4,0	7,3	4,3	3,2	5,4	1,7	1,6

...conclusão

Atributos químicos		PC	S10	PC	S10	PC	S10	PC	S10	PC	S10
(T)	cmol.dm ⁻³	5,7	6,0	5,9	6,9	8,6	5,6	5,5	6,3	5,0	3,9
V	%	43,5	16,8	56,1	58,1	84,6	77,0	58,0	85,8	20,6	40,4
m	%	0	44	0	0	0	0	0	0	40	0
MO	dag.Kg ⁻¹	2,5	2,5	2,6	3,3	3,4	1,5	2,1	1,9	2,4	1,3
P-rem	mg.L ⁻¹	12,5	12,2	15,6	16,9	20,5	18,8	17,8	7,2	10,2	3,9
Zn	mg.L ⁻¹	1,2	1,0	0,7	2,6	12,0	2,7	1,2	7,8	0,9	0,5
Fe	mg.dcm ⁻³	89,4	30,6	56,0	76,0	89,6	129,3	43,4	64,8	40,9	35,8
Mn	mg.dcm ⁻³	6,8	5,1	7,8	17,1	51,2	35,4	1,8	25,0	1,7	17,7
Cu	mg.dcm ⁻³	2,1	1,8	1,8	1,8	7,3	2,1	1,8	3,0	1,6	3,1
B	mg.dcm ⁻³	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,2
S	mg.dcm ⁻³	7,5	13,3	9,8	10,3	25,5	24,8	26,2	27,7	28,5	150,3