



**ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE
Herbaspirillum seropedicae NA CULTURA DO
MILHO**

JOSEANI SANTOS ÁVILA

2017

JOSEANI SANTOS ÁVILA

**ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Herbaspirillum*
seropedicae NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em
Fitotecnia, para obtenção do título de
Mestre.

Orientador:
Prof. Dr. Joilson Silva Ferreira

Co-orientadora:
Prof^a. Dra. Vera Lúcia Divan Baldani

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
2017

A972a Ávila, Joseani Santos.
Adubação verde e inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho./ Joseani Santos Ávila, 2017.
57f.
Orientador (a): Dr. Joilson Silva Ferreira
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, Vitória da Conquista - BA, 2017.
Inclui referências. 49 - 57.
1. Milho - Cultivo. 2. Milho - Cultura - Inoculação (bactérias diazotróficas) 3. *Herbaspirillum Seropedicae*. I. Ferreira, Joilson Silva. II. Universidade Estadual Sudoeste da Bahia, Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, III. T.

CDD: 633.17

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

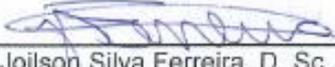
Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

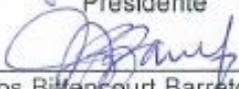
Título: "ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Herbaspirillum seropedicae* NA CULTURA DO MILHO".

Autor: Joseani Santos Ávila

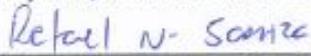
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:



Prof. Joilson Silva Ferreira, D. Sc., UESB
Presidente



Profa. Patricia Anjos Bitencourt Barreto-Garcia, D. Sc., UESB



Rafael Nogueira Scoriza, D. Sc., PDJ - CNPq

Data de realização: 08 de maio de 2017.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383
– Fax: (77) 3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

A toda minha família,
Em especial meus filhos Ananda Ávila Rocha e
Gustavo Ernesto Ávila Rocha.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder forças, coragem e determinação para enfrentar os desafios da vida e por sempre me proteger em todos os momentos.

À minha família por todo apoio, dedicação, companheirismo, pelas orações.

À UESB e ao programa de Pós graduação pela oportunidade.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa.

À minha mãe Gilzeilce Maria dos Santos, que a cada dia dedica seu amor. Sem sua contribuição não conseguiria continuar no mestrado.

Ao meu pai José Ávila da Conceição Filho, por tudo que tem feito por mim e minha família.

Às minhas irmãs Janaína Patrícia, Joseilce, Glêizeli e Gardênia e meu primo Patric Ávila por toda ajuda e apoio de sempre.

Ao Pablo Alves da Rocha, por total colaboração e incentivo em cada etapa desse mestrado.

Ao meu orientador, professor Dr. Joilson Silva Ferreira, pela oportunidade de ser sua orientada, pelos ensinamentos e suporte que me tranquilizaram em momentos de dificuldades, toda orientação e amizade, Obrigada!

À minha coorientadora Vera Divan Baldani por sua colaboração e apoio.

Ao Gecivaldo Rosa Mota, por ter ajudado de forma muito ativa em várias etapas da condução do experimento.

Ao Sr. José Mário e toda sua família pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

A toda equipe do laboratório de Microbiologia do Solo, Joelma Santos Silva, Rayka Kristian, Ingrid Moraes, Cristina Meira, Ariana Meira, Maurício, Carol, Diego, Vinicius, Tâmara e ao professor coordenador do laboratório, Divino Levi Miguel.

À equipe do laboratório de Tecnologia e Produção de Sementes, professor Otoniel Moraes, Sávio, Maria Carolina, Manoel, Jamil, Aldo e aos estagiários do CETEP pela total colaboração nas avaliações do experimento.

Ao grupo do laboratório de Nutrição Animal, Professor Mauro Figueiredo, Verinha e demais integrantes do laboratório.

À equipe da DICAP, setor de transporte, setor de paisagismo pelas contribuições dadas no experimento.

Aos professores que contribuíram com mais essa etapa em minha vida, com ensinamentos, cobranças, apoio, incentivo e por toda força que me deram durante esse período.

Aos amigos que sempre estiveram presentes, apoiando, colaborando e torcendo para eu finalizar com êxito o mestrado.

Agradeço a minha sogra Vera Lúcia, meu sogro Sr. Guarim Rocha, Agda Rocha, Alisson Cruz, Gláucio Rocha, Tatiane por todo apoio.

Aos meus tios, tias, primos, primas, padrinho e madrinhas que sempre estiveram na torcida e apoiando sempre.

À minha madrinha Maria das Graças (in memoriam) que sempre me apoiou e torceu para que eu continuasse os estudos.

Não posso deixar de agradecer de forma bem carinhosa e com muito amor aos meus filhos, Ananda Ávila Rocha e Gustavo Ernesto Ávila Rocha, por “compreender” a minha ausência em determinados momentos e por me apoiar com o jeitinho deles. Vocês são a força que motiva minhas batalhas.

A todos que sempre estiveram presente de alguma forma, meu muito obrigada!

“...Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena acreditar no sonho que se tem...”

Flávio Venturine / Renato Russo

RESUMO

ÁVILA, J. S. **Adubação verde e inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2017. 56p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia)*.

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de extrema importância tanto econômica quanto social. A elevação de sua produtividade depende consideravelmente do fornecimento de nitrogênio e o custo de produção torna-se oneroso com a utilização de fertilizantes químicos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação verde e da inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. O experimento foi conduzido na comunidade da Estiva, município de Vitória da Conquista-BA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjos segundo esquema fatorial 2x2x2, com quatro repetições. Os fatores foram formados por: Adubação verde (com e sem mucuna preta), inoculação (com e sem inoculação de *Herbaspirillum seropedicae*, estirpe ZAE94 – BR11417) e nitrogênio mineral (com e sem N mineral na dose de 120 kg ha⁻¹). Esses tratamentos foram aplicados a dois genótipos de milho (AG 1051 e AL Bandeirante). Para cada genótipo foram avaliados, comprimento e diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, peso da espiga despilhada, peso do sabugo e a produtividade de grãos. Os resultados mostraram interação tripla para todas as variáveis analisadas, e o desdobramento foi realizado em função da adubação verde dentro de cada nível dos fatores inoculação e adubo mineral. Para todas as características analisadas, a utilização de adubação verde foi superior em relação à testemunha (N₀xI₀) dos dois genótipos estudados. À medida em que foi adicionado nitrogênio ao sistema, seja na forma de adubação mineral ou através da inoculação, o efeito da adubação verde foi reduzido para a produtividade de grãos. A inoculação das sementes com *Herbaspirillum seropedicae* promoveu incremento na produtividade de grãos nos dois genótipos AG 1051 e AL Bandeirante. Nas condições testadas, a mucuna preta pode ser utilizada como alternativa à adubação mineral sem perdas de produtividade nos dois genótipos estudados.

Palavras-chave: *Zea mays* L., cobertura vegetal, fixação biológica de nitrogênio, adubação nitrogenada.

*Orientador: Joilson Silva Ferreira, D.Sc., UESB. Co-orientadora: Vera Lúcia Divan Baldani, D.Sc., EMBRAPA.

ABSTRACT

ÁVILA, J. S. **Green manuring and inoculation of *Herbaspirillum seropedicae* in maize crop.** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2017. 56p. (Dissertation - Masters in Agronomy, area of concentration in Plant Science)*.

Maize (*Zea mays* L.) is a crop of extreme economic and social importance. The increase in its yield depends greatly on nitrogen supply, and cost of production becomes costly with the use of chemical fertilizers. The objective of this study was to evaluate the effect of green manuring and inoculation with *Herbaspirillum seropedicae* in maize crop. The experiment was conducted in the community of Estiva, municipality of Vitória da Conquista-BA. The experimental design was in randomized blocks, arranged in a 2x2x2 factorial scheme, with four replications. The factors were formed by: Green manure (with and without *Stizolobium aterrimum*), inoculation (with and without inoculation of *Herbaspirillum seropedicae*, strain ZAE94 - BR11417) and mineral nitrogen (with and without mineral N at dose of 120 kg ha⁻¹). These treatments were applied to two maize genotypes (AG 1051 and AL Bandeirante). For each genotype, ear length and diameter, number of grains per row, peeled ear weight, cob weight, and grain yield were evaluated. Results showed triple interaction for all analyzed variables, and the breakdown was performed as a function of green manuring within each level of inoculation and mineral fertilizer factors. For all analyzed characteristics, the use of green manure was superior in relation to the control (N₀I₀) of the two genotypes studied. As nitrogen was added to the system, either in the form of mineral fertilization or through inoculation, the effect of green manuring was reduced for grain yield. The inoculation of the seeds with *Herbaspirillum seropedicae* promoted an increase in grain yield in the two genotypes AG 1051 and AL Bandeirante. Under the tested conditions, *Stizolobium aterrimum* can be used as an alternative to mineral fertilization without loss of yield in the two studied genotypes.

Key words: *Zea mays* L., vegetal coverage, biological nitrogen fixation, nitrogen fertilization.

*Advisor: Joilson Silva Ferreira, *D.Sc.*, UESB. Co-advisor: Vera Lúcia Divan Baldani, *D.Sc.*, EMBRAPA.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produtividade de massa fresca, massa seca e nitrogênio total da parte aérea de mucuna preta, inoculada com bactérias diazotrófica espécie de *Bradyrhizobium elkanii*, com estirpe BR 2811 (SEMIA 6158), cultivada em Vitória da Conquista-Ba. **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 2. Resumo das análises de variância dos dados relativos ao comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), grãos por fileira (GF), peso de espiga (PE), peso do sabugo (PS) e coeficiente de variação de híbrido de milho AG1051, submetido a adubação verde, inoculação com bactéria diazotrófica e com dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista, 2016.34

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos dados relativos a produtividade e coeficiente de variação de híbrido de milho AG 1051, submetido a adubação verde, inoculação com bactérias diazotróficas e dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista-BA.....35

Tabela 4. Desdobramento da interação adubação verde x inoculação x dose de nitrogênio, para comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, peso de espiga, peso de sabugo e produtividade em híbrido de milho AG 1051, cultivado em Vitória da Conquista-BA.....36

Tabela 5. Resumo das análises de variância dos dados relativos ao comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), grãos por fileira (GF), peso de espiga (PE), peso do sabugo (PS) e coeficiente de variação de milho variedade AL Bandeirante, submetido a adubação verde, inoculação com bactéria diazotrófica e com dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista, 2016.41

Tabela 6. Resumo da análise de variância dos dados relativos a produtividade e coeficiente de variação de milho variedade AL Bandeirante, submetido a adubação verde, inoculação com bactérias diazotróficas e dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista-BA.42

Tabela 7. Desdobramento da interação adubação verde x inoculação x dose de nitrogênio, para comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, peso de espiga, peso de sabugo e produtividade de milho variedade AL Bandeirante, cultivado em Vitória da Conquista-BA.43

LISTA DE ABREVIATURAS

AV- Adubação verde

C – Carbono

CE – Comprimento de espiga

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DE – Diâmetro de espiga

FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio

GF – Grão por fileira

Ha - Hectare

Kg ha⁻¹- Quilograma por hectare

MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MF – Massa fresca

Mg ha⁻¹ – Megagrama por hectare

MO – Matéria orgânica

MS – Massa seca

N – Nitrogênio

PROD - Produtividade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Origem, classificação e importância econômica da cultura do milho	14
2.2 Importância e disponibilidade do Nitrogênio	15
2.3 Entrada de nitrogênio no sistema via Fixação Biológica.....	17
2.4 Bactérias diazotróficas associadas às culturas agrícolas	18
2.5 Contribuição da adubação verde para agricultura	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Local do experimento	23
3.2 Genótipos de milho utilizados	24
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	24
3.4 Instalação do experimento	26
3.4.1 Inoculação, semeadura e condução da mucuna preta.....	26
3.4.2 inoculação, semeadura e condução da cultura do milho	27
3.5 Irrigação complementar	28
3.6 Variáveis analisadas	29
3.7 Procedimentos Estatísticos.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Rendimento da Mucuna preta.....	30
4.2 Genótipo de milho AG 1051	31
4.3 Genótipo de milho AL Bandeirante	40
5 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande importância na cadeia produtiva de vários setores agropecuários, seja na alimentação animal e humana ou produção de biocombustível. Com larga escala de cultivo a nível mundial, sua utilização primária nos Estados Unidos e Canadá é para alimentação animal. No Brasil, ocorre de forma similar: 84% do milho é utilizado na alimentação animal, principalmente nos setores de avicultura e suinocultura, 11% é consumido pela indústria e apenas 5% é utilizado na alimentação humana (MENEGALDO, 2017).

É o grão mais produzido e consumido no mundo. Cerca de 66,5% da produção mundial concentra-se em três países: Estados Unidos, China e Brasil (CONAB, 2017; FAO, 2017). No Brasil, a produção de milho da safra 2016/17 registrou 84.480,2 mil toneladas, com produtividade média de 5.249 kg ha⁻¹. A região de maior produção, nesta safra foi a Centro-Oeste (CONAB, 2017).

No Nordeste, o milho constitui-se uma das principais culturas agrícolas. Apesar da importância econômica e social, sua produtividade tem sido pequena, principalmente pelo fato da maioria dos produtores adotarem baixo nível tecnológico no sistema de cultivo, como a restrição da adubação nitrogenada. Este é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade, o que onera muito o custo de produção, pois além do valor alto do adubo químico, o que é aplicado não é totalmente aproveitado pelos vegetais, sendo perdido no solo, ocasionando ainda poluição ambiental.

O nitrogênio está presente em cerca de 78% do ar atmosférico, porém na forma estável (N₂), com ligação tripla entre duas moléculas (SOUZA e outros, 2012). Apesar dessa abundância, apenas alguns organismos vivos conseguem romper as ligações covalentes, tornando-o disponível para os vegetais. Esse processo é chamado de fixação biológica de nitrogênio (FBN),

que é realizado por organismos procariotos que possuem em sua estrutura uma enzima denominada nitrogenase, capaz de promover a quebra da ligação tripla do N₂, sob temperatura e pressão ambiente. Dentre esses organismos estão as bactérias diazotróficas, que podem ser de vida livre, associada a espécies vegetais, tanto na rizosfera como endofiticamente, ou formando simbiose como ocorre em leguminosas, com formação de estruturas especializadas nas raízes, conhecidas como nódulos.

Historicamente, as plantas leguminosas por possuírem esse potencial de acumular nitrogênio em suas estruturas, oriundos da FBN e pela baixa relação C/N dos seus resíduos vegetais, tem sido utilizadas como alternativa para substituir ou complementar a quantidade de nitrogênio requeridas por culturas agrícolas através da prática de adubação verde.

A FBN foi verificada com resultados satisfatórios inicialmente em plantas leguminosas, porém interações positivas foram constatadas por alguns autores ao inocular bactérias diazotróficas em culturas não leguminosas, como na família das poaceas.

Os vegetais são extremamente exigentes em nitrogênio, pois este participa de diversos processos metabólicos como fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, entre outros. O grande desafio da atualidade é reduzir a adubação química nitrogenada, sem que haja perdas em produtividade. Essa redução da fertilização química pode ocorrer através de alternativas como a inoculação de sementes com bactérias diazotróficas e com a utilização da adubação verde, os quais causam menores impactos ambientais e redução no custo de produção, além de proporcionar melhorias físicas e químicas do solo pela adição de matéria orgânica ao solo.

Devido a inexistência de trabalhos com adubação verde associada à dose de nitrogênio e inoculação com bactérias diazotróficas na região, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da adubação verde com mucuna preta e da inoculação com *Herbaspirillum seropediace* na cultura do milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem, classificação e importância econômica da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma monocotiledônea, pertencente à família Poaceae, subfamília Panicoidae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. O seu sistema radicular apresenta dois tipos de raízes: primária e adventícias. As folhas são do tipo lanceolada, possuem limbo e bainha e são dispostas alternadas (CENTEC, 2004). Planta herbácea, monóica, seu ciclo pode ser de quatro a seis meses, a depender da variedade, caracterizando como uma planta anual.

Em relação ao surgimento do milho, há várias hipóteses, sendo a de maior confiabilidade aquela de que o mesmo seja descendente do teosinte, gramínea com várias espigas, desprovida de sabugo e capaz de realizar cruzamento natural com o milho e gerar descendentes férteis (FREITAS, 2001). É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo indicações de escavações há cerca de 6000 anos (PIPERNO & FLANNERY, 2001). Após o descobrimento na América Central e do Norte, o milho foi levado para Europa, onde era cultivado em jardins, até conhecer seu valor alimentício. A partir disso, começou a ser plantado em escala comercial e difundiu-se por todos os continentes (FAGERIA, 1989).

O milho é uma planta C4, sendo que esse grupo de vegetais respondem melhor as temperaturas mais elevadas do que as plantas C3. O aumento da temperatura reduz o ciclo da cultura do milho, que tem resposta positiva ao aumento da luminosidade, principalmente no enchimento de grãos. No Brasil, a limitação climática para a produção de milho é encontrada em regiões da Bacia Amazônica e extremo sul (SILVA e outros, 2010).

No ano agrícola 2016/2017 a produção total de milho no Brasil foi de 84.480,2 mil toneladas, com produtividade média de 5.249 kg ha⁻¹, em 16.093,3 mil hectares de área plantada. Nesse ano, a região Centro-Oeste (MT, MS, GO, DF) registrou a maior produção. A Bahia registrou uma área plantada de 678,7 mil hectares, com produção de 2.251,9 mil toneladas e produtividade média de 3.318 kg ha⁻¹, sendo o Oeste do Estado a região de maior destaque (CONAB, 2017).

Para se alcançar produtividades elevadas na lavoura do milho, além dos fatores climáticos, é necessário manter uma adubação nitrogenada equilibrada, pois é uma cultura extremamente exigente em nitrogênio, sendo que este nutriente é fator limitante de produção (MALAVOLTA, 2006; ZAMBOLIM e outros, 2012).

Estudos mostram que maiores produtividades são alcançadas com utilização de elevadas doses de nitrogênio. Queiroz e outros (2011), avaliando o efeito das doses 0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ de N na cultura do milho, observaram um acréscimo da produção de grãos em função do aumento da dose do adubo mineral aplicado.

Farinelli & Lemos (2010), trabalhando com doses crescentes de nitrogênio, observaram a máxima produtividade de grãos de milho com estimativa de 92 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura.

Da mesma forma, Freire e outros (2010), observaram um aumento na produtividade de espigas comerciais de milho em decorrência das crescentes doses de N, sendo o potencial máximo alcançado com a utilização de 151 kg ha⁻¹ de N.

2.2 Importância e disponibilidade do Nitrogênio

O nitrogênio é um nutriente fundamental para a produção das culturas. Pode ser absorvido tanto na forma nítrica (NO₃⁻) quanto na forma amoniacal

(NH_4^+), sendo que a forma preferencial de absorção é a amoniacal, pois não precisa passar pelo processo de redução de NO_3^- à NH_3 para que seja assimilado pela planta (ZAMBOLIM e outros, 2012).

Nutriente absorvido em maior quantidade pela maioria dos vegetais, o nitrogênio é componente de aminoácidos e, portanto, de proteínas e bases nitrogenadas. Participa de importantes processos metabólicos, como a fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (KUSANO e outros, 2011; MALAVOLTA, 2006; ZAMBOLIM e outros, 2012).

É considerado um dos nutrientes mais complexos, em termo de manejo e recomendação, por fazer parte de muitas reações químicas e biológicas e por ser altamente dependente de condições edafoclimáticas para que seja absorvido pelas plantas (PRIMAVESI, 2002). Ao ser aplicado, não é totalmente absorvido pelos vegetais. Parte dele é perdido no sistema solo-planta-atmosfera por volatilização, lixiviação, erosão, desnitrificação, entre outros (VARGAS, 2010).

Devido à complexidade das transformações do nitrogênio no solo, ao utilizar na forma de adubo químico, pode haver incompatibilidade entre a demanda da cultura e a disponibilidade do nutriente, tendo eficiência em torno de 50%. O restante perdido ou imobilizado temporariamente na biomassa microbiana do solo (BAYER E FONTOURA, 2006).

Essa eficiência do N dos fertilizantes sintéticos, está relacionada principalmente as perdas por volatilização de amônia (NH_3), de fontes amoniacais de N e a lixiviação de nitrato (NO_3^-), provocando um maior custo com fertilizantes e mão de obra para aplicação (ROGERI, 2010). No intuito de reduzir as perdas por lixiviação de NO_3^- , Bayer e Fontoura (2006) recomendam que sejam parceladas as aplicações do nitrogênio, sendo a maior parte realizada em cobertura, em período que a planta tenha maior demanda por nitrogênio.

O tipo de solo, umidade do solo, fontes de nitrogênio utilizadas, alternativas à adubação química como a FBN e adubação verde e o manejo da

adubação podem influenciar na eficiência do aproveitamento do nitrogênio pelas plantas, reduzindo as perdas do N e os impactos ambientais (MALAVOLTA, 2006).

2.3 Entrada de nitrogênio no sistema via Fixação Biológica

Dos gases atmosféricos, o N_2 constitui cerca de 78%, sendo um dos elementos mais abundantes no planeta, porém não está prontamente disponível para as plantas, (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006; SOUZA e outros, 2012).

Dentre as tecnologias existentes para suprir total ou parcialmente a quantidade de nitrogênio requerida pelas culturas, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) apresenta-se como uma alternativa de interesse econômico, social e ambiental. Esse processo é realizado por bactérias diazotróficas, que transformam o N molecular (N_2) do ar em amônia (NH_3), tornando-o disponível para as plantas (BALDANI & BALDANI, 2005).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é a principal forma de adição de nitrogênio no planeta, representando cerca de 56% do fluxo global (SOUZA e outros, 2012). É um processo realizado pela ação de organismos procariotos.

Esses microrganismos conseguem realizar a FBN por possuir em sua estrutura a enzima denominada nitrogenase. Capaz de promover a reação de quebra da ligação covalente existente entre os átomos de nitrogênio atmosférico à temperatura ambiente e pressão normal (REIS e outros, 2005). Utilizando energia de processos foto e quimiossintéticos, ou obtida a partir de carboidratos no processo de fermentação e/ou respiração e armazenadas em forma de ATP (FIGUEIREDO e outros, 2008).

O contrário é observado na aquisição de N, via processos industriais denominado de *Haber-Bosch*, que para obter esses fertilizantes sintéticos,

empregam-se altas temperatura e pressões, elevando o custo financeiro, energético e ambiental (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006; SOUZA e outros, 2012).

A utilização de microrganismos capazes de promover benefícios às plantas constitui uma importante vantagem, pois na interação procarioto X eucarioto não representa fonte de contaminação ambiental, e pode suprir totalmente ou parcialmente as necessidades de N requerida por diversas culturas, reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, o custo de produção para o produtor (MOREIRA e outros, 2010).

A eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio pode ser afetada por fatores como o genótipo, a espécie, idade da planta, pH do meio, fertilidade do solo, salinidade, temperatura, elementos tóxicos entre outros (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

As leguminosas possuem o mecanismo mais eficiente entre plantas superiores e bactérias fixadoras de N₂. A soja é cultura com maior resposta à fixação biológica de nitrogênio, isso devido ao programa de melhoramento direcionado a obtenção de cultivares com alta produção sem adubação nitrogenada aliada ao desenvolvimento de inoculantes com estirpes do grande grupo rizóbio adaptadas às condições edafoclimáticas brasileira (DOBEREINER, 1989).

2.4 Bactérias diazotróficas associadas às culturas agrícolas

As bactérias diazotróficas são microrganismos procariotos, que apresentam grande diversidade genética, fisiológica, morfológica e filogenética, permitindo sua ocorrência em diferentes habitats (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Podendo ser de vida livre no solo, associadas as espécies vegetais (diazotróficas associativas), tanto na rizosfera quanto

endofiticamente, bem como formar simbioses, como ocorrem em muitas leguminosas (MOREIRA e outros, 2010).

A relação simbiótica rizóbio-leguminosa tornou-se o sistema biológico capaz de aproveitar o nitrogênio atmosférico mais especializado, com destaque para a cultura da soja, onde até 94% do N requerido pela cultivares mais produtivas é suprido pela FBN (HUNGRIA e outros, 2006). Por outro lado, vem aumentando a expectativa na maximização do uso de FBN em outras culturas não leguminosas de interesse econômico (SALA e outros, 2005).

Para Conceição e outros (2009), as bactérias dizotróficas associativas podem representar uma grande estratégia para reduzir o uso dos fertilizantes nitrogenados sintéticos em culturas da família das Poaceas. Possuem elevada capacidade de absorção de nutrientes, sobretudo para o nitrogênio, devido à estrutura do sistema radicular fasciculado.

A cultura do arroz, pertencente à família das Poaceas foi estudada por Ferreira e outros (2011), para avaliar a produção de grão em função da inoculação de bactérias diazotróficas do gênero *Herbaspirillum seropedicae* estirpe (ZAE94) BR 11417. Estes autores constataram que a utilização da inoculação com ausência de adubação nitrogenada proporcionou uma produção que não diferiu significativamente da produção das plantas que receberam dose de nitrogênio de 50 kg ha⁻¹, constatando portanto, que o uso da técnica no plantio de arroz irrigado com a variedade IAC 4440 pode promover o suprimento de até 50 kg ha⁻¹ de N via FBN.

A interação benéfica entre bactérias diazotróficas e plantas de milho são relatadas por diversos autores. Breda e outros (2016), constataram que a inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* (ZAE94) BR11417 promoveu incremento na produtividade em dois períodos de cultivo (safra e entressafra). Dotto e outros (2010), verificaram resposta positiva da inoculação com *H. seropedicae* na cultura do milho com aumento de 8,6% na produção de grãos em híbrido de milho AS 1570, cultivado em Marechal Candido Rondon/ PR.

Bactérias diazotólicas tem sido recomendadas, pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), para utilização na adubação verde. Muitas dessas bactérias, foram isoladas à cerca de quarenta anos. Lima (2009), relata que a FBN pode ser maximizada através da inoculação com estirpes específicas para cada cultura e que sejam eficientes e competitivas.

Para os adubos verdes, existem estirpes recomendadas para mais de uma cultura. A espécie *Bradyrhizobium sp*, estirpe SEMIA 6158, é recomendada para Feijão de porco, Mucuna preta e Crotalária, segundo as Instrução Normativa, n° 10 de 2006, do MAPA.

2.5 Contribuição da adubação verde para agricultura

A adubação verde consiste na utilização de espécies vegetais, que após atingir pleno desenvolvimento vegetativo será cortada ou acamada, incorporando-as ou deixando-as na superfície do solo para a proteção superficial, visando manutenção ou aumento da matéria orgânica, com finalidade de preservar ou melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo (DELARMELINDA e outros, 2010; SOUZA e outros, 2012).

Esta prática utiliza-se principalmente de plantas leguminosas que podem ser produzidas ou não no local. Constitui uma tendência mundial de obtenção de alimentos mais saudáveis, produzidos com o mínimo de insumos químicos e menor agressão ao meio ambiente (WEBER & MIELNICZUK, 2009).

Além de reduzir custos com adubação mineral, a adubação verde promove aumento da atividade biológica do solo, propiciando um melhor aproveitamento dos adubos utilizados (Wutke e outros, 2007). Entretanto, a resposta das culturas depende da interação de fatores como: natureza dos

materiais (relação C/N, teor de lignina), as propriedades do solo, as características da cultura principal e o clima (BOER e outros, 2007).

O uso de leguminosas para produção de adubos verdes destaca-se, entre outros aspectos, pela capacidade de acumular o nitrogênio, pela baixa relação C/N, com rápida mineralização (DONEDA e outros, 2012; RODRIGUES e outros, 2012; TORRES e outros, 2008). Além disso, as leguminosas normalmente possuem grande produção de massa, sistema radicular bem ramificado e profundo, capaz de extrair nutrientes que se encontram em camadas de maior profundidade, disponibilizando-os em camadas mais rasas através da decomposição de seu material vegetal, para culturas de sucessão (SOUZA e outros, 2012).

O sucesso da adubação verde, depende da escolha da espécie a ser utilizada, que deve apresentar características favoráveis como grande produtividade de massa, elevada capacidade de acumular N, rusticidade e facilidade de integração aos sistemas de produção local (FERREIRA e outros, 2012; LEAL e outros, 2012; PEREIRA e outros, 2012).

Várias espécies tem sido recomendadas para adubação verde no Brasil, podendo-se citar: Mucuna preta, mucuna anã, crotalária, tremoço branco, ervilha forrageira, aveia preta, milheto, guandu, feijão de porco, nabo forrageiro, braquiária entre outros (BARRETTO e outros, 2013; FAVARATO e outros, 2016; FINHOLDT e outros, 2009; MASSAD e outros, 2014; RODRIGUES e outros, 2012; TIVELLI e outros, 2013; TORRES e outros, 2015; VENEGAS & SCUDELER, 2012; VIOLA e outros, 2013).

Aita e outros (2001), avaliando o uso de gramíneas, leguminosas e área de pousio, evidenciaram a possibilidade de redução na quantidade de nitrogênio mineral na cultura do milho, quando cultivada após a leguminosa.

A mucuna preta é uma das culturas recomendadas para adubação verde (SILVA e outros, 2014), pois esta apresenta ciclo anual ou bianual, crescimento rasteiro e indeterminado e pertence à família das leguminosas. É uma planta de clima tropical e subtropical, desenvolve-se bem em condições

de baixa fertilidade e solos ácidos. O período recomendado para a semeadura dessa cultura é de setembro podendo estender-se até início de janeiro. Atua com eficiência no controle de nematóides formadores de galhas e sua produção de massa seca pode alcançar 10 Mg ha⁻¹.

Entretanto, esses resultados podem variar em função da densidade e espaço de plantio utilizado. Silva e outros (2011), estudando o desempenho de mucuna em diferentes arranjos espaciais, constataram que a distribuição de dezesseis plantas por metro linear, com espaçamento de um metro entre linhas, alcançou maior acúmulo de matéria seca e nitrogênio.

Silva e outros (2014), ao estudarem a produtividade de massa seca, teor nutricional da parte aérea e cobertura do solo com a crotalária, milheto, guandu, mucuna preta e vegetação espontânea, em dois anos de cultivo, verificaram que a mucuna preta mostrou-se superior às demais plantas estudadas, em termos de acúmulo de nitrogênio de 361 kg ha⁻¹ (em 2010) e 357 kg ha⁻¹ (em 2011), expressando grande importância para o aporte de nitrogênio nos sistemas de produção, principalmente nos cultivos mais exigentes neste nutriente.

Além do acúmulo do N, a mucuna preta possui uma baixa relação C/N e apresenta tendência de decomposição mais rápida, porém com excelente taxa de recobrimento de solo, não diferindo significativamente da *Crotalária juncea*, que possui maior quantidade de caules, provavelmente com maior teor de lignina, conferindo uma decomposição mais lenta (SILVA e outros, 2014).

Ao avaliar o desenvolvimento da cultura do milho com utilização de adubação verde com diferentes culturas, Castro e Prezotto (2008), verificaram melhores parâmetros fisiológicos através de consórcio do milho com a leguminosa feijão de porco.

Ao pesquisar o milho cultivado em sucessão à leguminosas, Albuquerque e outros (2013), verificaram diferentes produtividades em função da leguminosa utilizada como adubação verde, sendo a maior quando o milho cultivado sob a crotalária, seguida do guandu e mucuna preta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido na comunidade da Estiva, Chácara Capadócia, município de Vitória da Conquista-BA, localizada a aproximadamente 10 km do centro urbano.

O município está localizado no Sudoeste da Bahia a 14° 51' latitude sul e 40° 50' longitude oeste e a uma altitude em torno de 923 m, com temperaturas médias anuais de 20,2°C, e pluviosidade anual de 733,9 mm, concentrada no período de novembro a março (SEI, 2012). O clima, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cwb (tropical de altitude).

A área onde se instalou o experimento já havia sido cultivada com tomate, mucuna preta e pimentão. Foi realizada preparo do solo com aração e duas gradagens para o cultivo de pimentão. Logo após, a área passou por um período de pousio de cinco meses até a instalação do experimento. Realizou-se uma gradagem e procedeu a semeadura da leguminosa mucuna preta, nas parcelas onde receberiam este tratamento.

O solo é classificados como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), com classe textural Franco Argilo Arenosa. Antes do cultivo da leguminosa, o solo apresentava as seguintes composições químicas na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em (H₂O) = 5,3; P(mg/dm³) = 52; SB (cmol_c/dm³ de solo) = 6,4; t (cmol_c/dm³ de solo) = 6,6; T(cmol_c/dm³ de solo)=13,6; V(%)=47. Foi realizada uma calagem com 2 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico três meses antes da instalação do experimento.

3.2 Genótipos de milho utilizados

Foram utilizados dois genótipos de milho: AG 1051 e AL Bandeirante. O genótipo AG 1051 é um híbrido duplo, é ideal para produção de grão, milho-verde e silagem da planta toda que apresenta alta qualidade. É uma planta de ciclo semiprecoce, porte alto, sistema radicular bem desenvolvido e grãos dentados amarelo. Pode ser cultivado tanto no verão quanto período de safrinha, e em todas as regiões do Brasil. Apresenta alto potencial de produção de massa seca (AGROCERES, 2017).

A variedade AL Bandeirante foi desenvolvida pela CATI-SP, ideal para grão e silagem, possui baixo nível de acamamento, alta rusticidade podendo ser cultivada em todo Brasil, sem restrições. As sementes são de baixo custo, planta de ciclo médio de 130 dias, altura média da planta de 2,30m, altura média da espiga 1,25m, grão de cor amarelo alaranjado, semiduro, possui boa resistência às principais doenças, pode ser cultivada tanto na safra normal como na safrinha, sendo a população de plantas recomendada para safra 65 mil plantas ha⁻¹ e safrinha 45 mil plantas ha⁻¹. A produtividade média é de 7.500 kg ha⁻¹ e 3.500kg ha⁻¹, respectivamente.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 2x2x2, tendo como fatores: Adubação verde (com e sem mucuna preta), inoculação (com e sem inoculação de *H. seropedicae*, estirpe ZAE94), N mineral (com e sem Nitrogênio mineral na dose de 120kg ha⁻¹). Foram adotados oito tratamentos, com quatro repetições, totalizando 32 parcelas para cada genótipo.

Os tratamentos foram denominados da seguinte forma:

1- AV₀ N₀ I₀ – Ausência de adubação verde, nitrogênio e inoculação;

2- AV₀ N₀ I₁- Ausência de adubação verde e nitrogênio, com presença de inoculação;

3- AV₀ N₁ I₀ - Ausência de adubação verde, presença de nitrogênio e ausência de inoculação;

4- AV₀ N₁ I₁ - Ausência de adubação verde, presença de nitrogênio e inoculação;

5- AV₁ N₀ I₀ - Presença de adubação verde, ausência de nitrogênio e inoculação;

6- AV₁ N₀ I₁ - Presença de adubação verde, ausência de nitrogênio e presença de inoculação;

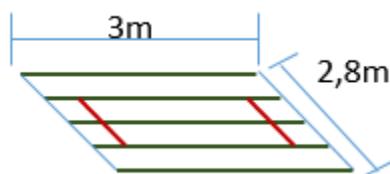
7- AV₁ N₁ I₀ - Presença de adubação verde e nitrogênio, com ausência de inoculação;

8- AV₁ N₁ I₁ - Presença de adubação verde, nitrogênio e inoculação;

Para o desdobramento da interação tripla em função da adubação verde, considera-se o tratamento N₀xI₀ como testemunha.

A fonte de N utilizada foi sulfato de amônio, sendo aplicado 20% na semeadura e 80% em cobertura, aos 20 e 70 dias após o plantio.

Cada parcela foi constituída de 5 linhas com 3m de comprimento, e espaçamento de 0,7m, formando portanto, uma área de 8,4m² por parcela. Como área útil utilizou-se as três linhas centrais de cada parcela, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade. Houve uma distância de 0,3 m entre as parcelas e 2,0 m entre blocos. A seguir, figura representando a parcela.



3.4 Instalação do experimento

O experimento foi dividido em dois momentos: o primeiro foi o cultivo da leguminosa para adubação verde, e o segundo a semeadura do milho.

Para o preparo do solo foi realizada uma gradagem antes do cultivo da mucuna preta. Na semeadura do milho, cultivo mínimo, com plantio direto nas parcelas com cobertura vegetal.

3.4.1 Inoculação, semeadura e condução da mucuna preta

A mucuna preta foi semeada cento e três dias antecedendo a semeadura do milho. Antes da semeadura realizou-se a inoculação das sementes de mucuna preta com bactérias diazotróficas da espécie de *Bradyrhizobium elkanii*, com estirpe BR2811 (SEMIA 6158), recomendada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) O inoculante utilizado foi em meio turfoso na dosagem de 110g para 20kg de sementes, segundo a recomendação da EMBRAPA Agrobiologia.

A semeadura foi realizada manualmente, os sulcos abertos com enxadas, utilizando-se seis sementes por metro linear, com espaçamento de 0,7 m entre sulcos.

Aos noventa e seis dias após a semeadura, foi coletado amostras da mucuna preta para massa verde, massa seca e nitrogênio total.

Para coleta da mucuna preta foi realizado o lançamento aleatório, uma única vez, de um quadrado vazado de 0,5 x 0,5 m (0,25m²) nas parcelas, posteriormente procedeu-se com o corte rente ao chão nas plantas que ficaram dentro do quadrado. As plantas foram pesadas em balança digital, seguidamente colocadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar com temperatura de 65°C até atingir peso constante para determinação da

massa seca (MS). Os resultados foram extrapolados para Mg ha^{-1} para massa fresca e massa seca da parte aérea.

Logo após, as amostras foram processadas em moinho de facas e foi realizada a determinação do nitrogênio total segundo a metodologia de Kjeldahl, conforme descrito por Martins & Reissmann (2007).

A mucuna foi cortada com roçadeira manual, ficando depositada no solo.

3.4.2 inoculação, semeadura e condução da cultura do milho

Antes da semeadura do milho foi realizado o teste de germinação das sementes, obtendo-se o poder germinativo de 100% para o híbrido de milho AG1051 e 95% para a variedade AL Bandeirante, segundo as Regras Brasileira de Sementes (BRASIL, 2009).

O milho foi semeado sete dias após o corte da mucuna preta. Os sulcos foram abertos com enxada e a semeadura manual, com vinte e cinco sementes por linha, iniciando-se pelas parcelas que não receberam o tratamento com inoculação, para evitar risco de contaminação.

As parcelas, que receberam o tratamento com nitrogênio sintético, foram adubadas previamente com 20% da dose de 120 kg ha^{-1} em adubação de fundação.

A inoculação foi realizada com bactérias diazotróficas da espécie de *Herbaspirillum seropedicae*, com estirpe ZAE94 (BR 11417). O inoculante foi em meio turfoso na dosagem de 250g para 10kg de sementes (ALVES, 2007).

Após vinte dias da semeadura, foi realizado o desbaste para manter doze plantas na linha de plantio.

A segunda e terceira dose do nitrogênio foram aplicadas em cobertura aos 20 e 70 dias após a semeadura respectivamente, nas parcelas que receberam este tratamento.

Os tratamentos culturais e o controle de pragas aconteceram de acordo com as necessidades da cultura. Foram realizadas três capinas manuais durante o experimento, sendo as duas primeiras nas mesmas datas da aplicação do nitrogênio 20 e 70 dias após a semeadura.

O controle das pragas lagarta rosca e lagarta do cartucho foi realizado aos 10 e aos 35 dias após a semeadura com o produto comercial BRILHANTE, que é um inseticida, com ingrediente ativo Metomil, no qual o mecanismo de ação é de contato e ingestão.

A colheita foi efetuada no dia 18 de julho de 2016. Onde as espigas foram levadas para estufa agrícola para secagem. A umidade estava em torno de 25%, permanecendo na estufa até atingir umidade em torno de 13%. Logo após, as espigas foram conduzidas ao laboratório para proceder com as avaliações dos componentes de produção e produtividade de grãos.

3.5 Irrigação complementar

Foi utilizada a irrigação complementar para suprir as deficiências hídricas da cultura do milho, durante os períodos críticos. No decorrer de todo o ciclo, utilizou-se o sistema por aspersão convencional, com 3 linhas laterais contendo 4 aspersores do tipo agropolo NY 25, com intensidade de aplicação de $4,6 \text{ mm.h}^{-1}$, com eficiência de uniformidade de irrigação de 70%, irrigando todos os dias uma hora e trinta minutos. A água de irrigação era oriunda do lençol freático a 12 metros de profundidade cuja análise constatou $\text{PH} = 5,2$, $\text{CE} = 30 \text{ micromhos.cm}^{-1}$, $\text{RAS} = 0,90$ e classificação (USSL) C1S1.

3.6 Variáveis analisadas

Para proceder com as avaliações separou-se, aleatoriamente, dez espigas de cada parcela experimental. A média das dez espigas foram atribuídas à parcela. Foram avaliadas: diâmetro e comprimento de espigas, com o auxílio de paquímetro digital e régua graduada, respectivamente.

O número de grãos por fileira foi determinado através da contagem dos grãos em três fileiras por espiga. A média das fileiras atribuiu-se à espiga correspondente.

O peso da espiga sem palha e o peso do sabugo foram realizados em balança digital, com precisão de dois dígitos. As medidas foram mensuradas em quilograma.

Na produtividade, utilizou-se os grãos de todas as espigas da área útil, os quais foram pesados em balança digital com precisão de dois dígitos. Os valores foram extrapolados para Mg ha^{-1} após a correção da umidade para 13%.

3.7 Procedimentos Estatísticos

Os dados obtidos foram submetidos a análise de normalidade dos erros (Teste de Lilliefors), homogeneidade das variâncias (Teste de Bartlett), conforme recomendação de Banzatto e Kronka (2011), análise de variância (ANAVA) e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011), sendo realizado o desdobramento, quando houve efeito significativo da interação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Rendimento da *Mucuna preta*

A massa fresca da *Mucuna preta* no presente trabalho foi de 45,3 Mg ha⁻¹, resultado superior ao encontrado por Almeida & Camara (2011), que estudando a produtividade de biomassa em adubos verdes, constataram para a mucuna preta uma produtividade de 36,7 Mg ha⁻¹ de massa fresca em plantas manejadas com 138 dias após a semeadura. Os autores acreditam que esse valor poderia ter sido maior, caso fosse realizadas adubações e/ou inoculação das sementes, como ocorreu neste estudo com a inoculação.

Para a massa seca, foi encontrada 12,9 Mg ha⁻¹, produtividade esta que superou a encontrada por outros autores (ALMEIDA & CAMARA, 2011; ANDRADE NETO e outros, 2010; CAVALCANTE e outros, 2012; GOMES e outros, 2015; MOREIRA e outros, 2016; SILVA e outros, 2014; TEODORO e outros, 2011). Provavelmente o resultado superior pode estar relacionado à época de plantio da mucuna preta neste experimento.

O nitrogênio total acumulado na mucuna preta foi de 40,7 g kg⁻¹, valor superior ao encontrado por Rodrigues e outros (2012). Essa diferença pode ser explicada pelo fato das sementes da mucuna preta deste trabalho terem sido inoculadas com bactérias diazotróficas. Barradas (2010), relata que as sementes das leguminosas inoculadas com bactérias diazotróficas em elevadas concentrações, podem aumentar a eficiência da FBN.

Para Silva e outros (2014), a quantidade de nitrogênio acumulada depende da espécie utilizada, estado fenológico, produção de matéria seca e do período de cultivo. Os autores relatam que de todas as espécies estudadas em seu trabalho a de maior aporte de nitrogênio foi a mucuna preta, sendo

portanto, uma cultura recomendada para adubação verde principalmente em cultivos com espécies exigente em nitrogênio.

Neste trabalho, o acúmulo de nitrogênio da mucuna preta foi correspondente a cerca de 170 kg ha⁻¹. Essa quantidade desse nutriente no sistema é suficiente para suprir a demanda de nitrogênio pela cultura do milho, fazendo com que a cultura expresse seu potencial genético em termo de produtividade

4.2 Genótipo de milho AG 1051

Os resumos da análise de variância para as características comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de grãos por fileira, peso da espiga, peso do sabugo, produtividade e seus respectivos coeficientes de variação, estão apresentados na tabela 2 e tabela 3. Houve diferença significativa para interação tripla (adubação verde x nitrogênio x inoculação) em todas as características avaliadas.

Tabela 2. Resumo das análises de variância dos dados relativos ao comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), grãos por fileira (GF), peso de espiga (PE), peso do sabugo (PS) e coeficiente de variação de híbrido de milho AG1051, submetido à adubação verde, inoculação com bactéria diazotrófica e com dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista, 2016.

QUADRADO MÉDIO						
FV	GL	CE (cm)	DE (mm)	GF	PE(kg)	PS (kg)
Adubo verde	1	219,437*	895,724*	1283,603*	0,030*	0,002*
Nitrogênio mineral	1	78,398*	125,876 ^{NS}	313,830*	0,026*	0,0002*
Inoculação	1	6,382 ^{NS}	72,219 ^{NS}	37,060 ^{NS}	0,012*	0,00001 ^{NS}
Adubo verde x nitrogênio	1	49,920*	1,355*	367,439*	0,016*	0,0004*
Adubo verde x inoculação	1	0,649*	22,674*	6,874*	0,003*	0,000003*
Nitrogênio x inoculação	1	155,389*	112,409*	1243,859*	0,057*	0,00109*
Adubo verde x nitrogênio x inoculação	1	19,498*	2,315*	193,598*	0,003*	0,000138*
Bloco	3	27,846	36,292	159,867	0,001	0,00005
Resíduo	309	3,503	43,641	21,322	0,001	0,00004
CV (%)		12,31	13,24	12,61	22,13	22,78

*significativo ($p \leq 0,05$) pela análise de variância / NS: não significativo ($p \leq 0,05$) pela análise de variância.

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos dados relativos à produtividade e coeficiente de variação de híbrido de milho AG 1051, submetido à adubação verde, inoculação com bactérias diazotróficas e dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista-BA, 2016.

QUADRADO MÉDIO		
FV	GL	PROD (Mg ha ⁻¹)
Adubo verde	1	57,620*
Nitrogênio mineral	1	15,905*
Inoculação	1	0,140 ^{NS}
Adubo verde x nitrogênio	1	13,546*
Adubo verde x inoculação	1	8,841*
Nitrogênio x inoculação	1	2,333 ^{NS}
Adubo verde x nitrogênio x inoculação	1	7,861*
Bloco	3	39,008
Resíduo	21	75,294
CV (%)		16,88

*significativo ($p \leq 0,05$) pela análise de variância / NS: não significativo ($p \geq 0,05$) pela análise de variância.

O desdobramento da interação tripla para todas as variáveis analisadas procedeu-se em função da adubação verde (Tabela 4).

Para todas as características estudadas, a utilização de adubação verde foi superior estatisticamente em relação à testemunha (N₀xI₀).

No comprimento de espiga, nos tratamentos utilizados, a adubação verde foi superior, exceto para o tratamento N₁xI₀, que não houve diferença significativa. Provavelmente pelo fato da dose de N utilizada já ser a recomendada para cultura e por não ter a presença das bactérias como ocorreu no tratamento N₁xI₁.

Tabela 4. Desdobramento da interação adubação verde x inoculação x dose de nitrogênio, para comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, peso de espiga, peso de sabugo e produtividade em híbrido de milho AG 1051, cultivado em Vitória da Conquista-BA.

AV	N X I			
	N ₀ x I ₀	N ₀ x I ₁	N ₁ x I ₀	N ₁ x I ₁
Comprimento de espiga (cm)				
AV ₀	12,44 b	14,52 b	16,11 a	14,41 b
AV ₁	15,29 a	16,56 a	16,39 a	15,86 a
Diâmetro de espiga (mm)				
AV ₀	46,11 b	48,95 a	48,85 b	48,98 a
AV ₁	50,29 a	51,73 a	52,43 a	51,83 a
Número de grãos por fileira (unid)				
AV ₀	23,33 b	35,80 b	38,95 a	34,43 b
AV ₁	37,33 a	40,10 a	39,55 a	37,55 a
Peso da espiga despalhada (kg)				
AV ₀	0,12 b	0,16 b	0,18 a	0,15 b
AV ₁	0,15 a	0,19 a	0,18 a	0,17 a
Peso do sabugo (kg)				
AV ₀	0,02 b	0,02 b	0,03 a	0,02 b
AV ₁	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a
Produtividade (Mg ha ⁻¹)				
AV ₀	7,17 b	9,88 a	11,41 a	11,06 a
AV ₁	13,19 a	11,82 a	12,85 a	12,38 a

AV₀: sem adubo verde/ AV₁: com adubo verde/N₀: sem nitrogênio/ N₁: com nitrogênio/I₀: sem inoculação/ I₁: com inoculação.

Média seguidas por uma mesma letra, na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Albuquerque e outros (2013), avaliando plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto, verificaram interação significativa entre as leguminosas e dose de nitrogênio. No desdobramento da interação, constataram que utilizando mucuna preta, a dose de 80 kg ha⁻¹, promoveu uma diferença significativa superior em relação a dose zero, para o comprimento de espigas. No presente trabalho a dose de N utilizada foi superior à utilizada pelos autores. Provavelmente, isso pode ter contribuído para a não influência da adubação verde no tratamento N₁xI₀. Por outro lado, a adubação verde apenas, promoveu diferença significativa para esta variável, corroborando com o trabalho de Lourente e outros (2007).

No diâmetro de espigas a adubação verde promoveu diferença significativa superior nos tratamentos N₀xI₀ e N₁xI₀, não diferindo estatisticamente nos demais tratamentos.

A adubação verde, foi capaz de suprir a necessidade de nitrogênio requerida pelo milho, isso pode ser explicado pelo potencial de acumular nitrogênio e a baixa relação C/N da mucuna preta que favoreceu o processo de disponibilização de nutrientes. Resultado semelhante a este estudo foi encontrado por Santos e outros (2010), onde a adubação verde foi benéfica, promovendo um maior diâmetro de espiga.

Lázaro e outros (2013), não verificaram diferença significativa para a esta característica, porém justifica que pode ter sido em decorrência do alto teor de matéria orgânica no solo da área experimental.

Para as características, número de grãos por fileira, peso de espiga e peso de sabugo, a adubação verde foi superior em todos os tratamentos, exceto no tratamento N₁xI₀. Observa-se que para estas características, dentro dos tratamentos N₀xI₁ e N₁xI₁, existe uma interação benéfica entre o adubo verde e a inoculação. Provavelmente pelo fato das bactérias diazotróficas necessitarem de um aporte inicial de nitrogênio, o qual pode ter sido liberado de forma gradativa e prontamente disponível pela adubação verde e por esta prática também desempenhar funções benéficas ao solo, contribuindo para a

melhor ação das diazotróficas. Primavesi (2002), afirma que a fixação biológica de nitrogênio atmosférico é mais alta em solos com matéria orgânica.

O número de grão por fileira é uma das características que determinam o rendimento de grãos. No presente estudo, esta variável, apresentou resultado estatístico similar à produtividade, comparando-se a testemunha ($N_0 \times I_0$) com presença e ausência de adubação verde. Diferente do resultado encontrado por Lázaro e outros (2013), que a adubação verde não promoveu diferença para o número de grãos por fileira, mas diferiu na produtividade. Corroborando com o este trabalho, Santos e outros (2010), estudando a adubo verde e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo de milho, constataram diferença estatística superior da adubação verde para o número de grãos por espiga.

Para o peso de espiga despalhada, Santos e outros (2010), verificaram interação significativa entre a adubação verde e adubação nitrogenada. Constataram ainda que, quando na ausência de nitrogênio mineral a leguminosa feijão de porco promoveu maior peso de espiga em relação aos demais tratamentos com Crotalária, milho e vegetação espontânea.

Para o peso de sabugo, resultado diferente foi encontrado por Arf e outros (2000) que estudando efeito da época de semeadura da mucuna preta e Lab-lab, intercaladas com a cultura do milho, não verificaram diferença significativa para esta variável.

Na produtividade de grãos, só houve diferença estatística na testemunha, onde a utilização da adubação verde foi superior. Entretanto, embora não significativos, a adubação verde nos tratamentos $N_0 \times I_1$, $N_1 \times I_0$, $N_1 \times I_1$ promoveu um incremento na produtividade de 1,94; 1,44 e 1,32 $Mg\ ha^{-1}$ respectivamente.

Esses resultados mostram que à medida em que foi adicionado nitrogênio ao sistema, na forma de inoculação ou de adubo mineral, a contribuição da adubação verde diminuiu. Isso pode ter ocorrido pelo fato da cultura ter atingido o nível máximo de absorção. Segundo Zambolim e outros

(2012), o excesso de nitrogênio pode reduzir a floração e frutificação, ocasionando perda em produtividade.

Estudos desenvolvidos por vários autores apresentam resultados em que plantas de milho submetidas à adubação verde, constataram diferença significativa superior para produtividade de grãos (LÁZARO e outros, 2013; SANTOS e outros, 2010). Resultados superiores com adubação verde comparadas com áreas de pousio também foram encontrados por Valadares e outros (2012), cujo trabalho foi desenvolvido para obtenção de milho verde, com produtividade contabilizadas em espigas comerciais.

Câmara e outros (2016), estudando a produtividade de milho verde em função do manejo com plantas de cobertura e três níveis de adubação mineral (0; 100 e 200% da dose recomendada), não obtiveram diferença significativa entre as plantas de cobertura, nem entre as doses de adubação mineral. Os autores acreditam que este resultado pode estar relacionado à característica intrínseca da variedade estudada.

Observou-se um incremento na produtividade de grãos ao comparar o tratamento $N_0 \times I_1$ com a testemunha ($N_0 \times I_0$), na ausência de adubação verde. Esse acréscimo representa importância econômica, pois a diferença foi de 45 sacas ha^{-1} , mostrando portanto, que a inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* contribui com o aumento de produtividade quando na ausência de fontes de nitrogênio.

Dartora e outros, (2013), estudando a adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho, constataram que não houve efeito significativo da inoculação para produtividade de grãos, porém observaram que houve um incremento de 922 $kg\ ha^{-1}$ de grãos nos tratamentos submetidos à inoculação combinada das duas estirpes em relação à testemunha. Afirmando, portanto que a inoculação com as bactérias estudadas em seu trabalho podem ser aplicadas à cultura do milho.

4.3 Genótipo de milho AL Bandeirante

Nas tabelas 5 e 6 estão apresentados os resumos da análise de variância com os respectivos coeficientes de variação, das características analisadas no presente estudo. Foram observadas diferenças significativas para interação tripla (adubação verde x nitrogênio x inoculação) em todas as variáveis.

Tabela 5. Resumo das análises de variância dos dados relativos ao comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), grãos por fileira (GF), peso de espiga (PE), peso do sabugo (PS) e coeficiente de variação de milho variedade AL Bandeirante, submetido à adubação verde, inoculação com bactéria diazotrófica e com dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista, 2016.

QUADRADO MÉDIO						
FV	GL	CE (cm)	DE (mm)	GF	PE(kg)	PS (kg)
Adubo verde	1	158,063*	301,340*	1959,705*	0,080*	0,003*
Nitrogênio mineral	1	1,164 ^{NS}	13,403 ^{NS}	465,371*	0,012*	0,001*
Inoculação	1	86,216*	125,463*	987,364*	0,039*	0,002*
Adubo verde x nitrogênio	1	86,216*	552,484*	780,936*	0,113*	0,004*
Adubo verde x inoculação	1	73,058*	73,680*	884,783*	0,014*	0,001*
Nitrogênio x inoculação	1	19,553*	19,027*	2,096*	0,008*	0,0001*
Adubo verde x nitrogênio x inoculação	1	3,634*	38,040*	442,035*	0,019*	0,0002*
Bloco	3	8,908	35,696	51,032	0,002	0,0001
Resíduo	309	4,165	13,434	20,715	0,001	0,0001
CV (%)		12,55	7,50	12,66	21,89	26,14

*significativo ($p \leq 0,05$) pela análise de variância / NS: não significativo ($p \leq 0,05$) pela análise de variância.

Tabela 6. Resumo da análise de variância dos dados relativos à produtividade e coeficiente de variação de milho variedade AL Bandeirante, submetido à adubação verde, inoculação com bactérias diazotróficas e dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Vitória da Conquista-BA.

QUADRADO MÉDIO		
FV	GL	PROD (Mg ha ⁻¹)
Adubo verde	1	18,636*
Nitrogênio mineral	1	8,925 ^{NS}
Inoculação	1	5,678 ^{NS}
Adubo verde x nitrogênio	1	26,426*
Adubo verde x inoculação	1	1,030*
Nitrogênio x inoculação	1	3,795 ^{NS}
Adubo verde x nitrogênio x inoculação	1	4,651*
Bloco	3	0,546
Resíduo	21	3,127
CV (%)		14,51

*significativo ($p \leq 0,05$) pela análise de variância / NS: não significativo ($p \geq 0,05$) pela análise de variância.

Para desdobramento da interação tripla, em todas as variáveis analisadas, utilizou-se a adubação verde dentro de cada nível de nitrogênio e inoculação (Tabela 7).

A adubação verde promoveu resultado estatisticamente superior em relação a testemunha ($N_0 \times I_0$) em todos os componentes de produção e produtividade.

Na variável comprimento de espiga, a adubação verde promoveu diferença estatística superior em todos os tratamentos, exceto para o tratamento $N_1 \times I_1$.

Tabela 7. Desdobramento da interação adubação verde x inoculação x dose de nitrogênio, para comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, peso de espiga, peso de sabugo e produtividade de milho variedade AL Bandeirante, cultivado em Vitória da Conquista-BA.

AV	N X I			
	N ₀ x I ₀	N ₀ x I ₁	N ₁ x I ₀	N ₁ x I ₁
Comprimento de espiga (cm)				
AV ₀	14,13 b	15,84 b	15,00 b	17,28 a
AV ₁	17,74 a	17,12 a	16,12 a	16,91 b
Diâmetro de espiga (mm)				
AV ₀	44,71 b	48,10 b	48,93 a	49,96 a
AV ₁	50,93 a	51,02 a	48,51 a	49,00 a
Número de grãos por fileira (unid)				
AV ₀	26,20 b	35,23 b	33,93 b	38,58 a
AV ₁	39,05 a	37,63 a	36,73 a	39,43 a
Peso da espiga despalhada (kg)				
AV ₀	0,105 b	0,166 b	0,179 a	0,189 a
AV ₁	0,203 a	0,206 a	0,172 a	0,186 a
Peso do sabugo (kg)				
AV ₀	0,02 b	0,03 b	0,03 a	0,04 a
AV ₁	0,04 a	0,04 a	0,03 a	0,04 a
Produtividade (Mg ha ⁻¹)				
AV ₀	9,35 b	10,63 a	12,30 a	13,43 a
AV ₁	13,82 a	12,85 a	11,61 a	13,54 a

AV₀: sem adubo verde/ AV₁: com adubo verde/N₀: sem nitrogênio/ N₁: com nitrogênio/I₀: sem inoculação/ I₁: com inoculação. Média seguidas por uma mesma letra, na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A adubação verde proporcionou uma interação benéfica para relação solo-planta por promover diversas vantagens como manutenção da umidade, redução de temperatura, ciclagem de nutrientes entre outras.

Portugal (2015), estudando a cultura do milho em sistema de plantio direto em diferentes coberturas vegetais (Crotalária, guandu, milho, milho + crotalária, milho + guandu e pousio), observou que as leguminosas em cultivo solteiro e o tratamento milho + crotalária, proporcionaram um valor de comprimento de espiga superior em relação à área de pousio.

No tratamento $N_1 \times I_1$, a adubação verde promoveu redução nos valores de comprimento de espiga. A entrada de nitrogênio no sistema via adubação mineral, inoculação e adubação verde, pode ter provocado um excesso de nitrogênio para esse genótipo nesta variável. Para Primavesi (2002), níveis elevados de nitrogênio na planta podem causar impedimentos metabólicos como menor armazenamento de carboidratos, redução no teor de lignina, prolongação da fase vegetativa entre outros. O excesso de um nutriente também pode minimizar a absorção e assimilação de outro. Portanto, os nutrientes devem estar em perfeito equilíbrio. Como por exemplo, quantidades elevadas de nitrogênio pode causar deficiência de cálcio e potássio na planta.

Para o diâmetro de espigas, peso da espiga despalhada e peso do sabugo, a adubação verde promoveu diferença estatística superior para a testemunha ($N_0 \times I_0$) e no tratamento $N_0 \times I_1$. Nos demais tratamentos ($N_1 \times I_0$ e $N_1 \times I_1$), a adubação verde não proporcionou diferença significativa. A partir da entrada de nitrogênio via adubação mineral, a adubação verde deixou de promover efeito significativo. Isso pode ser explicado pelo fato da adubação verde apenas, disponibilizar quantidade de nitrogênio satisfatória para a cultura, para estas variáveis. A planta absorvendo o nitrogênio e atingindo seu ótimo, o excedente pode prejudicar o desempenho da cultura, proporcionando consideráveis perdas.

Resultados semelhantes em que os tratamentos com adubação verde foram superiores, em relação a não utilização de outra fonte de nitrogênio,

foram encontrados por Santos e outros (2010), para o diâmetro de espigas, Barros e outros (2013), para o peso da espiga despalhada. E diferindo com o presente trabalho, Lourente e outros (2007) para o diâmetro de espigas, Silva e outros (2016), para o peso do sabugo, em que não encontraram diferença significativa para estas variáveis com a utilização da adubação verde.

Para o número de grãos por fileira, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa, sendo superior quando utilizado a adubação verde, exceto para o tratamento $N_1 \times I_1$, que não apresentou diferença significativa.

Lourente e outros (2007), estudando desempenho de milho em sucessão a diferentes culturas, não constataram diferença significativa para o número de grãos por espiga, porém esse resultado não interferiu na produtividade de grãos.

Rocha e outros (2014), avaliando caracteres morfológicos e componentes de rendimento da cultura do milho sob diferentes sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura, não verificaram diferença significativa para número de grãos por fileira, porém acreditam que este resultado pode ter sido em decorrência ao alto valor de matéria orgânica, fósforo e potássio no solo onde instalou o experimento.

A produtividade de grãos, dentro dos tratamentos utilizados, diferiu estatisticamente apenas na testemunha ($N_0 \times I_0$), onde a utilização da adubação verde foi superior.

A cultura utilizada como adubo verde, apresentou características favoráveis para o processo de ciclagem de nutrientes. Constatou-se elevados valores de massa verde e seca, assim como um expressivo aporte de nitrogênio total. Além disso, essa leguminosa apresenta potencial para favorecer os atributos físicos do solo.

Chieza e outros (2013), estudando propriedades físicas do solo em área de milho, em monocultivo ou consorciado com leguminosas, concluíram que o milho cultivado com mucuna preta proporcionou melhorias na densidade do solo, macroporosidade e porosidade total.

O uso de leguminosas como adubação verde favorece o desenvolvimento da atividade microbiana, melhorando a qualidade e a conservação do solo.

Teodoro e outros (2011), estudando os aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde, concluíram que a mucuna preta é uma cultura indicada para esta prática.

Ao avaliar o pré-cultivo de adubos verdes ao milho, Pandovan e outros (2013), verificaram diferença significativa entre os tratamentos. A mucuna preta foi superior em relação ao pousio e ao sorgo forrageiro, porém não diferiu das culturas feijão de porco, feijão bravo e crotalária para o rendimento de grãos.

Foi observado também para esse genótipo, que a inoculação com *Herbaspirillum seropedicae*, promoveu um incremento na produtividade de grãos quando comparado os tratamentos $N_0 \times I_0$ e $N_0 \times I_1$ na ausência da adubação verde. Esse incremento corresponde a 21,3 sacas ha^{-1} de milho grão.

Breda e outros (2016), ao estudarem a produtividade de milho na presença de doses de nitrogênio e de inoculação de *Herbaspirillum seropedicae*, observaram resposta da inoculação apenas quando associada à dose de nitrogênio. Sendo que a produtividade do tratamento com inoculação + 50 $kg\ ha^{-1}$ de N foi semelhante à produtividade do tratamento com a dose de 100 $kg\ ha^{-1}$ de N.

Embora o tratamento com a dose de 50 $kg\ ha^{-1}$ não tenha diferido em utilizar ou não a inoculação com *Herbaspirillum seropedicae*, foi observado um incremento de 422 $kg\ ha^{-1}$ na produtividade de grãos devido a fixação biológica de nitrogênio (BREDA e outros, 2016).

Para os dois genótipos estudados, a adubação verde promoveu diferença significativa superior, apenas na testemunha ($N_0 \times I_0$), não diferindo nos demais tratamentos.

A diferença numérica, utilizando ou não a adubação verde na testemunha, foi maior no genótipo AG 1051, que foi de 6,02 $Mg\ ha^{-1}$ e a

diferença do AL Bandeirante foi 4,47 Mg ha⁻¹ na produtividade de grãos. Esse resultado pode estar relacionado ao fato do genótipo AL Bandeirante possuir uma maior variabilidade genética, em comparação ao híbrido, apresentando melhor desempenho numérico nas condições sem os benefícios da adubação verde, como menor disponibilidade de nitrogênio, menor retenção de umidade, características físicas, químicas e biológicas inferiores em relação às plantas cultivadas em sucessão à mucuna preta.

5 CONCLUSÕES

A adubação verde com mucuna preta apresenta características favoráveis para essa prática, com elevados níveis de massa fresca, massa seca, e aporte de nitrogênio e nas condições testadas, pode ser utilizada na cultura do milho como alternativa à adubação nitrogenada mineral.

A produtividade de grãos dos dois genótipos testados AG 1051 e AL Bandeirante, com a utilização de adubação verde, foi superior a produtividade média nacional de milho;

A inoculação das sementes com *Herbaspirillum seropedicae*, promoveu incremento na produtividade de grãos nos dois genótipos AG 1051 e AL Bandeirante;

REFERÊNCIAS

- AGROCERES. Sementes Agrocerees. Milho híbrido AG 1051. Disponível em: http://www.sementesagrocerees.com.br/pages/Produto.aspx?p=AG_1051. Acesso em 30 janeiro 2017.
- AITA, C. et al. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.157-165, 2001.
- ALBUQUERQUE, A. W. de; SANTOS, J. R; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.17, n.7, p.721-726, 2013.
- ALMEIDA, K. de; CAMARA, F. L. A. Produtividade de Biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes, em cultivos solteiros e consorciados. **Rev. Bras. de Agroecologia**, p. 55-62, 2011.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GOES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade de sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p. 124-130, 2010.
- ALVES, G. C. **Efeito da Inoculação de Bactérias Diazotróficas dos Gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* em Genótipos de Milho**. 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2007.
- ARF, O.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da época de semeadura da mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) e Lab-Lab (*Dolichos lablab*) intercalados na cultura do milho (*Zea mays*). **Ciênc. Agrotec.** Lavras, V. 24, N. 4, p.898-904, 2000.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on ter biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p.549-579, 2005.

BANZATTO DA.; KRONKA SN. 2011. **Experimentação Agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP. 237p.

BARRADAS, C. A. A. **Uso da adubação Verde** – Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 10p. Manual Técnico 25.

BARRETTO, V. C. M.; SANTOS, B. J.; CAVA, M. G. B.; TIMOSSI, P.C.; FRANCO, C. F.; BENETT, C. G. S. Adubação verde e nitrogenada na produtividade de milho e competição de plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta-MT, v.11, n.2, p.177-184, 2013.

BARROS, D. L. de; GOMIDE, P. H. O.; CARVALHO, G. J. de. Plantas de cobertura e seus efeitos na cultura em sucessão. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.29, n.2, p.308-318, 2013.

BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Dinâmica do nitrogênio no solo, pré culturas e o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto. In: Fontoura S MV, Bayer C, editores. Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. Guarapuava: **Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária**; 2006.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P., BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. G.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BREDA, F. A. F.; ALVES, G. C.; REIS, V. M. Produtividade de milho na presença de doses de N e de inoculação de *Herbaspirillum seropedicae*. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, V. 51, n.1, p.45-52, jan. 2016.

CAMARA, F. T. da; GONDIM, H. T.; MOTA, A. M. D.; NICOLAU, F. E. A.; BRITO, L. L. M. de; MÁXIMO, P. J. M.; SILVA, J. M. F. da. Produtividade de milho verde em função do manejo da adubação na região do cariri cearense. **Revista Cultivando o Saber**, v.9, n.4, p. 412-425, 2016.

CASTRO, A. M. C.; PREZOTTO, A. L. Desempenho agrônômico de milho em sistema de adubação verde. **Agrarian**, v.1, n.2, p.35-44, 2008.

CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de

nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.521-528, 2012.

CENTEC. Centro de Ensino Tecnológico. Produtor de Milho/ Instituto Centro de Ensino Tecnológico – 2.ed. ver – Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 56p.: il. Color. – (Cadernos tecnológicos).

CHIEZA, E. D.; LOVATO, T.; ARAUJO, E. S.; TONIN, J. Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, v.37, p.1393-1401, 2013.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra brasileira de grãos, v. 4 - Safra 2016/17, n.4 – Quarto levantamento, Brasília, p. 1-160, janeiro 2017. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos>>. Acesso em 28 de janeiro de 2017.

CONCEIÇÃO, P. M.; VIEIRA, H. D.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; CONCEIÇÃO, P. S. Efeito dos ácidos húmicos na inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em sementes de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p. 1880-1883, set, 2009.

DARTORA, J. GUIMARÃES, V. F.; MARINE, D.; SANDER, G. Adução nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013.

DELARMELINDA, E. A.; SAMPAIO, F. A. R.; DIAS, J. R. M.; TAVELLA, L. B.; SILVA, J. S. Adução verde e alterações nas características químicas de um Cambissolo na região de Ji-Paraná-RO. **Acta Amazonica**, v.40, p.625-628, 2010.

DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil, IEA/USP, São Paulo, p. 23, 1989.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, v.36, p.1714-1723, 2012.

DOTTO, A. P.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum*

seropedicae sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.3, p.376-382, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA- **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

FAGERIA, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 245 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Acesso em 28 de janeiro de 2017.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. *Revista Brasileira Milho e Sorgo*, v.9, n.2, p.135-146, 2010.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C. SOUZA, C. M. de; GUARCONI, R. C.; BALBINO, J. M. S. Crescimento e produtividade de milho verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema de plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.4, p.497-506, 2016.

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

FERREIRA, J.S.; GUIMARÃES, S.L.; BALDANI, V.L.D. Produção de grãos de arroz em função da inoculação com *Herbaspirillum seropedicae*. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, 2011.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P. CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre atributos do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-RN, v.7, n.1, p.32-37, 2012.

FIGUEIREDO, M. V. B.; MARTINEZ, C. R.; BURITY, H. A.; CHANWAY, C.P. Plant growth-promoting rhizobacteria for improving nodulation and nitrogen fixation in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Word J Microbiol Biotechnol**, n.24, p.1187-1193, 2008.

FINHOLDT, R. S.; ASSIS, A. M.; BISINOTTO, F. F.; AQUINO JÚNIOR, V. M.; SILVA, L. O. Avaliação da biomassa e cobertura do solo de adubos verdes. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.6, p.11-52, 2009.

FREIRE, F. M.; VIANA, M. C.; MASCARENHAS, M. H. T.; PEDROSA, M. W.; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. L. T. Produtividade econômica e componentes de produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p.213-222, 2010.

FREITAS, F.O. **Estudo Genético-Evolutivo de Amostras Modernas e Arqueológicas de Milho (*Zea mays* L.) e Feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação, Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 125p, 2001.

GOMES, S. da S.; GOMES, M. da S.; GALLO, A. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Rev. Fac. Agron. La Plata**. v.114, 2015.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C. & ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Can. J. Plant Sci.** 86:927-939, 2006.

KUSANO, M.; FUKUSHIMA, A. REDESTING, HHH.; SAITO, K. Metabolomic approaches toward understanding nitrogen metabolism in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.4, p.1439-1453, 2011.

LÁZARO, R. L; COSTA, A. C. T; SILVA, K. F; SARTO, M. V. M; JÚNIOR, J. B. D. Produtividade de milho cultivados em sucessão à adubação verde. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, V. 43, n.1, p. 10-17, jan/mar. 2013.

LEAL, M.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PEIXOTO, R.T.G.; ALMEIDA, D.L. Feijão-de-Porco na Baixada Fluminense: como tirar proveito máximo da sua ação como adubação verde. **Embrapa Agrobiologia**, Seropédica, RJ, 2012. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 83).

LIMA, A. A. **Caracterização e seleção de rizóbio de mucuna**. 2009.78f. Dissertação (mestrado em agronomia, ciência do solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

LOURENTE, E. R. P., ONTOCELLI, R., SOUZA, L. C. F. de, GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E.; RODRIGUES, E. T. Culturas

antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v.29, n.1 p.55-61, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres; p. 631; 2006.

MARTINS, A. P. L. & REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analítico. **Scientia Agraria**, v.8, n.1, p.1-17, 2007.

MASSAD, M. D.; OLIVEIRA, F. L.; DUTRA, T.R.; FAVERO, C. Produtividade do milho em sistema agroecológico na Caatinga mineira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoro – RN, v.9, n.2, p.218-229, 2014.

MENEGALDO, Jane Gonçalves. **A importância do milho na vida das pessoas**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=938>>. Acesso em: 15 de janeiro 2017.

MOREIRA, D. G.; VIEIRA, M.C.; HEREDIA ZARATE, N. A.; CARNEVALI, T.O.; TORALES, E. P.; TABALDI, L. A. LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M. Produtividade de vinagreira, pimenta rosa e carobinha cultivadas em sucessão a mucuna preta e feijão de porco. **Rev. Bras. Pl. Med.** Campinas, v.18, n.1, p.326-335, 2016.

MOREIRA, F. M. S & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002, 625 p.

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

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R.S.A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, n2, p.74-99, 2010.

PANDOVAN, M. P.; MOTTA, I. de S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; SALOMÃO, G. B.; RECALDE, K. M. G. Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul. **Rev. Bras. De Agroecologia**. 3-11. 2013.

PEREIRA, N. S.; SOARES, I. PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de nitrogênio nos agroecossistemas. **Revista Verde de**

Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró-RN, v.7, n.5, p.36-40, 2012.

PIPERNO, D. R.; FLANNERY, K. V. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, Washington, v. 98, p. 2101-2103, 2001.

PORTUGAL, J. R. **Coberturas vegetais e doses de nitrogênio, associadas à inoculação com *Azospirillum brasilense*, no cultivo do milho na região de cerrado**. Ilha Solteira, 2015, 106f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistema de Produção, 2015.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2013.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p.257-266, 2011.

REIS, V. M.; TEIXEIRA, K. R. S. Fixação biológica de Nitrogênio – estado da arte. In: **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF.; p. 368; 2005.

ROCHA, K. F.; CASSOL, L. C.; PIVA, J.T.; MINATO, E. A.; FAVERSANI, J. C. Caracteres morfológicos e componentes de rendimento do milho sob diferentes sistemas de preparo do solo e plantas de cobertura de inverno. **Synergismus Scientifica UTFPR**, Pato Branco, v.9, 2014.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E. de; FILHO, W. V. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Rev Ceres**, Viçosa, v.59, n.3, p.380-385, 2012.

ROGERI, D. A. **Suprimento e perdas de nitrogênio no solo decorrentes da adição de cama de aves**. [Dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2010.

SALA, V.M.R.; FREITAS, S.S.; DONZELI, V.P.; FREITAS, J.G.; GALLO, P.B. & SILVEIRA, A.P.D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **R. Bras. Ciências do Solo**, 29:345-352, 2005.

SANTOS, P. A.; SILVA, A. F. da; CARVALHO, M. A. C. de; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.123-134, 2010.

SEI - Estatísticas dos Municípios Baianos / Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. v 1 (2000 -). – Salvador: SEI, 2012.v. 4n. 1 BIANUAL.

SILVA, A. G. de B.; GUERRA, J. G. M.; JUNIOR, M. G.; COSTA, J. R.; ESPINDOLA, J. A. A. ARAUO, E.S. Desempenho agrônômico de mucuna verde em diferentes arranjos espaciais. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.46, n.6, p.603-608, 2011.

SILVA, J. C. de O.; FABIAN, A. J.; CEBALLOS, G. A.; SIQUEIRA, L. F. M.; GUIMARÃES, W. M. Desempenho de milho em preparos de solo e adubação de semeadura. **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Bento Gonçalves-RS, 2016.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, C. D.; ARRUDA, N. Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta do feijão. **Revista Agrarian**. Dourados, v.7, n.24, p. 233-243, 2014.

SILVA, R. F. da.; OLIVEIRA, E. C. de.; JUSTINO, F. B. e; GROSSI, M. C. Influência das mudanças climáticas na cultura do milho na área da Amazônia Legal. **XVI Congresso Brasileiro De Meteorologia**. Set. Pará, 2010.

SOUZA, C. M. de; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L. de. **Adubação Verde e Rotação de Culturas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 108p.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N. da; FAVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos Agrônômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 35: 635-643p. 2011.

TIVELLI, S. W.; KANO, C.; PURQUEIRO, L. F. V.; WUTKE, E. B.; ISHIMURA, I. Desempenho do quiabeiro consorciado com adubos verdes eretos de porte baixo em dois sistemas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.3, 2013.

TORRES, J. L. R.; ARAÚJO, A. S.; BARRETO, A. C.; SILVA NETO, O. F.; SILVA, V. R.; VIEIRA, D. M. S. Desenvolvimento e produtividade de

couve-flor e repolho influenciados por tipos de cobertura do solo. **Horticultura Brasileira** 33: 510-514. 2015.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 43, n. 3, p.421-428, 2008.

VALADARES, R. V.; DUARTE, R. F.; MENEZES, J. B. C.; FERNANDES, L. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; SAMPAIO, R. A.; MOTA, T. C.; ALMEIDA, R. M. Fertilidade do solo e produtividade de milho em sistemas de adubação verde no norte de Minas Gerais. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.505-516, 2012.

VARGAS, V.P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho** [Dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2010.

VENEGAS, F.; SCUDELER, F. Diferentes coberturas vegetais na produção de milho (*Zea mays L.*). **Ensaio e Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.16, n.2, p. 9-20, 2012.

VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L. C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.1, p.90-100, 2013.

WEBER, M. A. & MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.33, p.429-437, 2009.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E.; DIAS, R. P.; LAURIO, M. S.; GONÇALVES, R. A. **Bancos comunitários de adubos verdes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. 20p.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; ZANÃO-JUNIOR, L. A. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa-MG, 2012, p.321.